



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL

VARIABILIDAD DE NIVELES Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL
PARTICULADO EN SUSPENSIÓN EN EL SUDESTE DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA

VARIABILITY OF LEVELS AND COMPOSITION IN AIRBORNE
PARTICULATE MATTER IN THE SOUTHEAST OF THE IBERIAN
PENINSULA

Memoria presentada por Luis Negral Álvarez
para optar al Título de Doctor con mención de “Doctor Europeo”

Directores: Stella Moreno Grau

Xavier Querol Carceller

2010



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Comisión de Doctorado

**AUTORIZACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DE LA TESIS DOCTORAL
POR LA COMISIÓN ACADÉMICA RESPONSABLE DEL PROGRAMA**

D^a. Mercedes Alacid Cárceles, Coordinadora de la Comisión Académica del Programa
Ingeniería Ambiental y de Procesos Químicos y Biotecnológicos

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada “Variabilidad de Niveles y Composición del Material Particulado en Suspensión en el Sudeste de la Península Ibérica”, ha sido realizada por D. Luis Negral Álvarez, bajo la dirección y supervisión de D^a Stella Moreno Grau y D. Xavier Querol Carceller y que la Comisión Académica ha dado su conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado.

En Cartagena, a 1 de marzo de 2010

EL COORDINADOR DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA



Fdo.: Mercedes Alacid Cárceles



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**AUTORIZACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DE LA TESIS DOCTORAL
POR EL DIRECTOR/A**

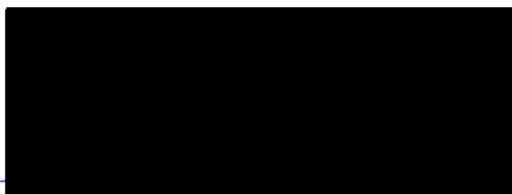
D^a. Stella Moreno Grau, Profesora Doctora del Área de Tecnologías del Medio Ambiente en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la UPCT y D. Xavier Querol Carceller, Profesor de Investigación del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua del CSIC.

AUTORIZAN:

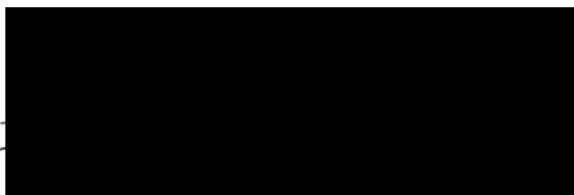
La presentación de la Tesis Doctoral titulada “Variabilidad de Niveles y Composición del Material Particulado en Suspensión en el Sudeste de la Península Ibérica”, realizada por D. Luis Negral Álvarez, bajo nuestra dirección y supervisión, en el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la UPCT, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Cartagena.

En Cartagena, a 1 de marzo de 2010

LOS DIRECTORES DE TESIS



Fdo. Stella Moreno Grau



Fdo. Xavier Querol Carceller

Aquellas palabras sonaron en mis oídos como música:

"No cambies, no cambies..."

Te quiero"

(Anthony de Mello)

*A todos los que me habéis hecho sonreír,
que habéis sido muchos.*

AGRADECIMIENTOS

Han sido muchas las personas y organismos que me han ayudado a empujar este trabajo hacia delante o, directamente, sin los que hoy el lector no estaría leyendo estas líneas.

Los primeros son mis directores de tesis Stella y Xavi y Xavi y Stella. Me han transmitido conocimiento, se han preocupado por mí, me han proporcionado todos los medios de trabajo y me han escuchado cuando mis jefes lo tenían que hacer. Gracias.

En la Universidad Politécnica de Cartagena el doctor José María Moreno me ha ofrecido gran cantidad de buenos momentos y ha sido muy grato compartir con él el quehacer diario, no sólo en Cartagena, sino en Chicago. El doctor Joaquín Moreno me ha hecho más ameno el trabajo con la gran cantidad de anécdotas que me ha contado; pero si hay algo que le quiero agradecer es la información proporcionada sobre “su” provincia. El doctor Antonio García me ha introducido a los métodos numéricos que aplicamos sobre las partículas en los inicios. La doctora Belén Elvira ha sido esa persona cargada de detalles y gestos agradables. La doctora Nuria Vergara ha sido la compañera con quien compartir y resolver dudas del día a día. He compartido horas de laboratorio con Lorenzo Vergara Juárez, Lorenzo Vergara Pagán, Amadeo Pascual, José Molina y Paula García. Cuando he pedido una mano, ellos me han ofrecido diez. Agradezco al Departamento de Ingeniería Química y Ambiental el apoyo material que me ha brindado y darme la oportunidad de iniciarme en la docencia. Igualmente el Servicio de Documentación y Miguel Ángel, del Servicio de Informática, me han prestado un valioso soporte.

Agradecimientos

En el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua la doctora Mar Viana ha tenido la generosidad y amabilidad de introducirme en los modelos de receptor. El doctor Andrés Alastuey también ha jugado un papel relevante en mi bautizo en el mundo de la especiación química de los aerosoles. El doctor Jorge Pey me ha enseñado a proceder con el soporte informático de la detección de episodios y herramientas meteorológicas pero, sobre todo, ha contestado gentilmente a cuantas insistentes peticiones o dudas le he formulado. La doctora Teresa Moreno me ha brindado su conocimiento en la interpretación de concentraciones de determinados elementos químicos. Silvia Rico y Patricia Ávila me han dejado su laboratorio como si no fuese foráneo; por ellas, mi recuerdo de los ataques a las muestras es realmente grato.

En la Universidad de Aveiro el doctor Casimiro Pio me introdujo en el campo de la fracción carbonosa del aerosol y, además, acogió en su grupo de investigación con todas las facilidades. La doctora Teresa Nunes me ayudó en el manejo diario de los equipos termo-ópticos para análisis de carbono. La doctora Celia Alves me dio útiles consejos a mi llegada a Portugal.

En la Universidad de Illinois en Chicago el doctor Peter Scheff me introdujo en su grupo como uno más y, en su casa, como un amigo. La doctora Donna Kenski me ayudó a interpretar y tratar las bases de datos y los resultados generados por el modelo PMF. La doctora Lorraine Conroy, la doctora Linda Forst, Jennifer Ríos, Iraida Ríos y Shyamalee Dassanayake me hicieron más fácil mi vida en la Escuela de Salud Pública de la UIC.

Agradezco al Ministerio de Educación por concederme una beca-contrato de Formación del Profesorado Universitario. Asimismo, también agradezco a la Agencia Estatal de Meteorología los datos de precipitación suministrados; a la Comunidad

Tesis Doctoral
Luis Negral Álvarez

Agradecimientos

Autónoma de la Región de Murcia, las bases de datos de contaminantes de la provincia; y al Excelentísimo Ayuntamiento de Cartagena, la colaboración en la toma de muestras y la financiación parcial de la línea de investigación. A la NOAA, NRL, NASA Sea Wifs y la Universidad de Atenas por permitirme la utilización de los paquetes informáticos para los cálculos de retrotrayectorias de las masas de aire, mapas de situaciones sinópticas e imágenes de satélite.

Por otro lado, ha habido personas que me han ido mostrando con los años un gran afecto:

Mi padre y mi madre, que me dieron a Busy y me hacen saber que también tengo padres que me quieren. Fran, que me ha ayudado siempre que le he pedido que me corrija algo y con quien nunca me canso de hablar. Fernando, por dejarme su coche, su casa... y apadrinarme. Rubén, por cuidar a Busy con tanta atención.

Gloria, que me ha tratado siempre con distinción en Valencia, Madrid... Jose, por los buenos ratos que desde pequeños hemos pasado juntos, casi, le tengo por mi hermano pequeño. Estíbaliz y Camino, por las veces que me han mandado emails de ánimo o pidiéndome que las vaya a ver, qué costoso es decirles que no.

Borja, por grabarme los mapas, pero sobre todo por ser así, cómo añoro los paseos comentando lo más destacado de la semana. Carlos, por ser tan sospechosa y entrañablemente optimista. Jandro, por su complicidad, amistad y... “apadrinamiento”. Mon, por darme su confianza y guardar la mía a buen recaudo. Tampoco puedo olvidarme de Arancha, Bea, Julián, Marcos...

Patricia, por recorrer miles de kilómetros para verme, por su confianza.

Agradecimientos

Santy, por escucharme, darme buenos consejos desde hace una década y sorprender divertida e inesperadamente, incluso sin querer. Yiyi, por sus ánimos y compartir tantos episodios cómicos. Yas, por tratarme siempre con gentileza y acogerme en su casa.

David, por escuchar mi retahíla de expresiones. Diego, por sus singulares conversaciones. Juan, por ayudarme a ver que los buenos gestos no se miden con el osciloscopio. Óscar, por atender mis llamadas y su juicio profesional. Segu, por ser un gran incondicional de la 38. Y muchos más como Alberto, Frías, Mera, Movilla, Xavi...

Yasna, Mónica y Sil-lá han hecho que los cursos de doctorados hayan sido algo más que materia docente.

Los Kooperman, sobre todo a Todd, un gran amigo: Me han tratado de manera impecable, prestándome su ayuda desde la corrección lingüística a la degustación del pavo. También en Chicago, Cata me enseñó que “la excelencia es enemiga de la perfección”.

Billy y Gónchar, por hacerme reír en tantos sitios y ocasiones. Noemí, por compartir vivienda y tantas anécdotas.

Alexis, el “Paisano”, que, aunque en sus propias palabras su mejor cualidad es “milonguero”, probablemente sea su valía y gran amistad, que hacen que al minuto de su ausencia se le eche de menos.

ÍNDICE

Índice

	Página
Índice.....	1
Resumen.....	7
Abstract.....	15
1. Introducción.....	23
2. Objetivos.....	31
3. Antecedentes.....	35
3.1. Material particulado atmosférico.....	37
3.1.1. Propiedades.....	38
3.1.1.1. Granulometría, mecanismo de formación y forma.....	38
3.1.1.2. Tiempo de residencia y eliminación por deposición.....	43
3.1.1.3. Naturaleza química.....	46
3.1.1.4. Fuentes.....	57
3.1.1.5. Medida del material particulado atmosférico en suspensión.....	60
3.1.2. Efectos de los aerosoles presentes en la atmósfera.....	61
3.1.2.1. Efectos sobre la salud.....	61
3.1.2.2. Efectos sobre el clima.....	65
3.1.2.3. Efectos sobre los ecosistemas.....	67
3.1.2.4. Efectos sobre otros intereses civiles.....	68
3.2. Zona de estudio y contexto.....	69
3.2.1. Introducción geológica.....	72
3.2.1.1. La Provincia de Murcia.....	72
3.2.1.2. Cartagena.....	77
3.2.2. Climatología.....	80
3.2.2.1. La Provincia de Murcia.....	80
3.2.2.2. Cartagena.....	82
3.2.3. La contaminación atmosférica en la Región de Murcia.....	85
3.2.3.1. Murcia.....	88
3.2.3.2. Cartagena.....	94
3.3. Marco normativo de aplicación.....	112
4. Material y métodos.....	123
4.1. Muestreo y medidas.....	125
4.1.1. Periodo de muestreo y medida.....	126
4.1.1.1. Red manual de aerosol en suspensión de Cartagena	126
4.1.1.2. Medidas de contaminantes atmosféricos en tiempo real en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.....	128
4.1.2. Emplazamientos de muestreo y medida.....	131
4.1.2.1. Red manual de aerosol en suspensión de Cartagena.....	131
4.1.2.2. Medidas de contaminantes atmosféricos en tiempo real en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.....	133
4.1.3. Equipos de muestreo y medida.....	135

Índice

4.1.3.1. Red manual de aerosol en suspensión en Cartagena.....	136
4.1.3.2. Medidas de contaminantes atmosféricos en tiempo real en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.....	138
4.2. Procesamiento de las muestras.....	139
4.2.1. Red manual de aerosol en suspensión en Cartagena.....	139
4.2.1.1. Pretratamiento.....	140
4.2.1.2. Tratamiento.....	141
4.2.1.2.1. Determinación gravimétrica.....	141
4.2.1.2.2. Determinaciones químicas.....	141
4.2.1.2.2.1. Digestión química.....	142
4.2.1.2.2.2. Lixiviación.....	143
4.2.1.2.2.3. Análisis de la fracción carbonosa.....	145
4.2.1.2.2.4. Determinaciones indirectas y nomenclatura de las variables.....	146
4.2.2. Equipos y reactivos en el procesamiento de las muestras.....	148
4.3. Herramientas de información geográfica.....	148
4.3.1. Meteorología.....	148
4.3.2. Mapas de aerosoles.....	152
4.3.3. Imágenes de satélite.....	154
4.4. Estudio de las intrusiones de masas de aire africano.....	155
4.4.1. Procedimiento de identificación de intrusiones.....	156
4.4.2. Procedimiento de cuantificación de la carga neta de polvo africano sobre los niveles de PM ₁₀	157
4.5. Herramientas estadísticas.....	162
4.5.1. Paquetes estadísticos empleados.....	163
4.5.1.1. SPSS 16.0.....	164
4.5.1.2. Statistica 4.2.....	166
4.5.1.3. EPA PMF 3.0.....	166
4.5.2. Contribución de fuentes al material particulado.....	167
4.5.2.1. Análisis de componentes principales y regresión lineal múltiple (ACP-RLM).....	169
4.5.2.2. Factorización matricial por positivación (<i>Positive Matrix Factorization</i> , PMF).....	172
5. Resultados.....	177
5.1. Red manual de aerosol en suspensión de Cartagena.....	179
5.1.1. Descripción de las variables obtenidas en la red manual de aerosol en suspensión de Cartagena.....	179
5.1.2. Evolución espacial y temporal de las variables.....	180
5.1.3. Influencia de la intrusión de masas de aire africano sobre las variables.....	183
5.1.3.1. Influencia del viento en las variables con diferencias significativas con y sin intrusión.....	184
5.1.4. Cumplimiento con los límites normativos.....	366
5.2. Medidas en tiempo real.....	369
5.2.1. Evolución interanual.....	372
5.2.2. Evolución mensual.....	378
5.2.3. Cumplimiento con los valores límites normativos de	

Índice

PM ₁₀	388
5.3. Comparación de medidas de PM ₁₀ por método gravimétrico y en tiempo real.....	391
5.4. Escenarios atmosféricos con incidencia en los niveles de materia particulada.....	395
5.4.1. Origen de las masas de aire.....	396
5.4.2. Escenarios atmosféricos con intrusión de masas de aire procedentes de África en el sureste de la Península Ibérica.....	410
5.4.2.1. Situaciones sinópticas.....	413
5.4.2.2. Escenarios de intrusión y PM ₁₀ en Cartagena.....	444
5.4.2.2.1. PM ₁₀ gravimétrico en Bastarreche, Santa Ana y Mompeán.....	444
5.4.2.2.2. PM ₁₀ en tiempo real en Mompeán.....	447
5.4.3. Estimación de la carga de polvo africano en PM ₁₀	448
5.5. Contribución de fuentes a los niveles de PM ₁₀ y PM _{2.5} en el aire ambiente.....	453
5.5.1. Análisis de componentes principales con regresión lineal múltiple (ACP-RLM).....	454
5.5.2. Factorización matricial por positivación (PMF).....	471
6. Discusión.....	501
6.1. Descripción de las variables.....	503
6.2. Evolución espacial y temporal de las variables.....	509
6.3. Influencia de los aportes de polvo africano sobre las variables..	517
6.3.1. Consideraciones al procedimiento de descuento de la carga en los episodios de polvo africano en Cartagena sobre los niveles de PM ₁₀	525
6.3.2. Influencia del viento en los episodios de polvo africano sobre las variables.....	528
6.4. Determinaciones de niveles de contaminantes en continuo.....	533
6.4.1. Ajuste a los valores normativos de los datos de los métodos en tiempo real.....	539
6.5. Comparación de las concentraciones de PM ₁₀ por métodos gravimétrico y en tiempo real.....	540
6.5.1. Ajuste a los valores normativos de los niveles de PM ₁₀ del método gravimétrico.....	544
6.6. Niveles de PM _{2.5} y límites normativos.....	545
6.7. Origen de las masas de aire.....	547
6.8. Escenarios atmosféricos con intrusión de masas de aire africanas.....	555
6.9. Concentración de PM ₁₀ en Cartagena y escenarios con intrusión de masas de aire africano.....	565
6.10. Sustracción de la carga de la intrusión a los niveles registrados en una estación de muestreo.....	567
6.11. Contribución de fuentes al material particulado.....	570
6.11.1. Análisis de Componentes Principales con Regresión Lineal Múltiple (ACP-RLM).....	571
6.11.2. Factorización Matricial por Positivación (PMF).....	589
6.12. Consideraciones finales.....	602
7. Conclusiones.....	611

Índice

8. Futuras líneas de investigación.....	619
9. Bibliografía.....	623
English Summary.....	665
1. Introduction.....	667
2. Objectives.....	673
3. Background.....	677
4. Materials and methods.....	685
5. Results.....	693
6. Discussion.....	713
7. Conclusions.....	729
8. Future research.....	735

RESUMEN

RESUMEN

La Ley 34/2007 de 15 noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, define la contaminación atmosférica como “la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza”. Las partículas presentes en el aerosol en suspensión pueden tener tanto un origen natural como antropogénico. La Directiva 2008/50/CE consciente de que las aportaciones de las fuentes naturales no pueden controlarse, permite considerar los aportes correspondientes a estas fuentes cuando se demuestren sólidamente a la hora de evaluar el cumplimiento de los valores límite. Las fuentes naturales de emisión que con mayor relevancia afectan a los niveles de partículas en suspensión en aire ambiente en el sudeste de la Península Ibérica son las contribuciones de polvo desde los desiertos africanos, la resuspensión local de material particulado y el aerosol marino (Moreno Grau, 1998; Querol et al., 2006; Negral et al., 2008, 2010).

Ya que toda fuente de emisión de PM tiene su huella química, es interesante buscar a los trazadores que la caracterizan (Li et al., 2003). De esta manera se podrá detectar en base a ellos la influencia de dicha fuente en los niveles de PM en aire ambiente, y cuantificar cuál es su contribución a la variabilidad temporal y espacial de los mismos de acuerdo a las características de la emisión y a los factores meteorológicos.

Objetivos:

Los objetivos generales de investigación de la presente tesis son: a) interpretar la variabilidad de los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente y de sus componentes mayoritarios, minoritarios y traza; b) identificar y cuantificar los aportes de origen

africano a los niveles de aire ambiente de PM_{10} y $PM_{2.5}$, así como los de otras fuentes de emisión tanto antropogénicas como naturales.

Material y Métodos:

Se han tomado muestras de material particulado en suspensión tanto de la fracción PM_{10} como $PM_{2.5}$ en tres ubicaciones de la ciudad de Cartagena: Bastarreche, Santa Ana y Mompeán. Se han realizado las determinaciones gravimétricas de los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente, así como de la especiación química de las muestras (ICP-MS, ICP-AES, Cromatografía iónica, análisis elemental de C, OC y EC). Se han procesado los resultados de la Red de Calidad del Aire de la Región de Murcia, elaborando las bases de datos oportunas. Para la definición de los orígenes de las masas de aire se han utilizado herramientas de información geográfica complementadas con imágenes de satélite y resultados de modelos atmosféricos de transporte. Se ha aplicado la metodología adecuada para el estudio de la intrusión de masas de aire procedentes de los desiertos africanos del Sahara-Sahel. De acuerdo con el análisis de las series temporales de especiación química de las dos fracciones de PM obtenidas en los diferentes emplazamientos de estudio, se ha definido la contribución de las fuentes en base al Análisis de Componentes Principales con Regresión Lineal Múltiple (ACP-RLM) y Factorización Matricial por Positivación (PMF).

Resultados:

Se presentan los resultados de la aplicación de las herramientas estadísticas que permitan definir la evolución espacial y temporal de las variables estudiadas, en primer lugar para el método gravimétrico y seguidamente para los métodos de medida en tiempo real, comparando los resultados de ambas metodologías. Se recogen los resultados de la fenomenología de las condiciones sinópticas que propician la intrusión

de masas de aire procedentes de África sobre Cartagena desde el 1 de enero de 2004 al 31 de mayo de 2008, análisis de retrotrayectorias, mapas de aerosoles, imágenes de satélite, mapas meteorológicos. Este análisis también se hace extensible a la Región de Murcia. Se aporta la clasificación de los días estudiados en función de los sectores y de los escenarios. Para cada escenario se obtienen los niveles de PM_{10} en cada estación, la concentración de aquellos días que exceden el valor límite y el número medio anual de días que exceden el umbral normativo. Se presenta la cuantificación de la contribución en masas de los aportes de material particulado de origen africano a los niveles medios diarios y anuales de PM_{10} . Se muestran los resultados obtenidos sobre la especiación química de PM y finalmente se presentan los resultados de la aplicación de los modelos de receptor mediante ACP-RLM y PMF.

Discusión y Conclusiones:

Se ha identificado una variabilidad espacial y temporal para las especies estudiadas. Los mayores valores para las especies crustales en la fracción PM_{10} se registran en Santa Ana. Para las especies indicadoras de actividades industriales, los mayores niveles en esta fracción son más elevados en Bastarreche. Para la fracción $PM_{2.5}$ (sin datos en Bastarreche) los mayores niveles de las especies estudiadas, salvo para la masa total, se encuentran en Mompeán.

Los episodios ligados a una menor carga del contaminante PM_{10} en la Región de Murcia corresponden a los denominados Atlántico Norte, Atlántico Noroeste y Atlántico Oeste, atribuyendo en estas situaciones los incrementos de los niveles de contaminantes atmosféricos a las actividades propias de la zona. El Atlántico Suroeste es un origen habitual de aportes de polvo africano. La contribución de origen natural de

carácter local queda recogida dentro de los episodios Regionales, en los que también se aprecia la contribución antropogénica.

El típico pantano barométrico mediterráneo, para el que se detecta advección africana que alcanza la Región de Murcia, permite definir un quinto (nuevo) escenario que supone el 21% de los días con intrusión que se estudian en esta memoria y, por tanto, ha de tenerse en cuenta en las evaluaciones de calidad del aire de la zona.

Se ha puesto de manifiesto el aporte de las especies crustales desde fuentes alóctonas y la importancia de fuentes autóctonas, tal como el tráfico rodado, para la fracción carbonosa.

La contribución de polvo africano a la media anual de PM_{10} se estima entre 4 y 6 $\mu g/m^3$. En el periodo entre 1 de enero de 2004 y 31 de mayo de 2005 se han identificado 562 días con intrusión. Se indica la posibilidad de utilizar como estación de fondo regional de referencia para la Región de Murcia, la ubicada en Caravaca de la Cruz.

Se aprecia un descenso en los niveles de PM_{10} en aire ambiente como consecuencia del traslado del punto de muestreo de Bastarreche a Mompeán, punto de muestreo en el que no se observan violaciones en el cumplimiento normativo en lo referente tanto a PM_{10} y $PM_{2.5}$, como a los metales sometidos a regulación. Las diferencias encontradas en PM_{10} entre las medidas en tiempo real de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia y los datos gravimétricos aconsejan un estudio pormenorizado de las causas de esta incidencia.

Los factores extraídos por el ACP-RLM, con sus contribuciones en porcentaje a la masa total de PM_{10} y $PM_{2.5}$, se asocian a las siguientes fuentes:

Resumen

a) Para PM_{10} en Bastarreche: Mineral o crustal 25.0%; Tráfico 19.0%; Secundario 17.0%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico 3.0%; Marino 3.0% y Astillero 2.0%.

b) Para PM_{10} en Santa Ana: Mineral o crustal 30.0%; Tráfico 26.0%; Secundario 22.0%; Industrial de Cartagena 12.0% y Marino 5.0%.

c) $PM_{2.5}$ en Santa Ana: Tráfico 40.0%; Industrial de Cartagena 27.0%; Mineral o crustal 9.0%; Marino 2.0% y Fábrica local de producción de zinc electrolítico 0.0%.

Los factores extraídos por la PMF, con sus contribuciones en porcentaje a la masa total de PM_{10} y $PM_{2.5}$, se asocian a las siguientes fuentes:

a) Para PM_{10} en Bastarreche: Tráfico 22.0%; SO_4^{2-} secundario 19.0%; NO_3^- secundario 16.1%; Marino 16.0%; Central eléctrica e influencia local 8.2%; Refinería 7.7%; Intrusión y otros crustales 6.4% y Fábrica local de producción de zinc electrolítico 4.5%.

b) Para PM_{10} en Santa Ana: NO_3^- secundario 26.0%; Tráfico 16.0%; Intrusión y otros crustales 15.6%; Marino 13.9%; SO_4^{2-} secundario 9.8%; Refinería 8.4%; Central eléctrica e influencia local 8.1% y Fábrica local de producción de zinc electrolítico 2.0%.

c) Para PM_{10} en Mompeán: NO_3^- secundario 34.5%; SO_4^{2-} secundario 15.4%; Marino 12.5%; Tráfico 11.1%; Intrusión y otros crustales 11.0%; Refinería 8.1%; Central eléctrica e influencia local 7.4% y Fábrica local de producción de zinc electrolítico 0.0%.

Resumen

d) PM_{2.5} en Santa Ana: NO₃⁻ secundario 27.2%; SO₄²⁻ secundario 26.5%; Marino 14.6%; Tráfico 7.3%; Influencia de la construcción 7.0%; Refinería 6.2%; Intrusión y otros crustales 5.8% y Fábrica local de producción de zinc electrolítico 5.3%.

e) PM_{2.5} en Mompeán: SO₄²⁻ secundario 26.4%; NO₃⁻ secundario 26.1%; Intrusión y otros crustales 13.1%; Central eléctrica e influencia local 9.5%; Marino 8.1%; Refinería 6.5%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico 6.2% y Tráfico 4.0%.

Se señala la complementariedad de los dos modelos de receptor aplicados, que han permitido obtener una visión coherente de los aportes al material particulado tanto de origen natural como antropogénico.

A medio plazo, los planes de gestión ambiental para el casco urbano de Cartagena, deberán centrar su atención en el tráfico, ya que es previsible que llegue a ser la fuente antropogénica de mayor relevancia.

ABSTRACT

ABSTRACT

The Spanish Law 34/2007 defines air pollution as “the occurrence in atmosphere of materials, substances or energy that cause nuisance, risk or damage to human health, human security, environment and the rest of the of the goods, whatever their natures are”. Particles which are present in the airborne particulate matter (PM) can have either a natural or an anthropogenic origin. Directive 2008/50/EC, conscious that contributions whose origin is natural sources can not be controlled, permits the consideration of the contributions belonging to those sources in those cases in which they are a solid proof for the evaluation of the accomplishment of the limit values. The natural sources of emission which mostly affect PM in the environment in the southeast of the Iberian Peninsula are the dust contributions arriving from the African deserts, the local resuspension of PM and the marine aerosol (Moreno Grau, 1998; Querol et al., 2006; Negral et al., 2008, 2010).

As any source of PM emission has its chemical tracers, it is interesting to look for the tracers which characterize it (Li et al., 2003). Considering these tracers as the main basis, the importance of that source in the PM levels in the environment can be detected and also quantify which its contribution to the time and spatial variability of those levels is, always according to the characteristics of the emission and to the meteorological factors.

Objectives:

The general search objectives in this thesis are: a) to interpret the variability of PM₁₀ and PM_{2.5} levels in the environment and that of their majority, minority and trace components. b) to identify and to quantify the contributions of the air masses with

African origin to PM_{10} and $PM_{2.5}$, as well as those whose origin is in other anthropogenic or natural sources of emission.

Material and Methods:

Samples from both fractions PM_{10} and $PM_{2.5}$ have been taken in three different locations of the city of Cartagena: Bastarreche, Santa Ana and Mompeán. The gravimetric determinations of levels of PM_{10} and $PM_{2.5}$ in ambient air have been made, as well as those of the chemical speciation of the samples (ICP-MS, ICP-AES, ionic chromatography, and C, OC and EC elemental analysis). The results from the Network for Air Quality Monitoring in the Region of Murcia have been processed by elaborating the appropriate databases. In order to define the origins of the air masses, there has been a use of geographic information tools together with satellite images and results of atmospheric models. There has been a use of the appropriate methodology for studying the intrusion of air masses originating in the African deserts of Sahara-Sahel. Considering the analysis of the time series of chemical speciation of the two PM fractions obtained in the different places under study, there has been a definition of the contribution of the sources considering the Principal Component Analysis with Multiple Linear Regression (PCA-MLR) and with Positive Matrix Factorization (PMF).

Results:

The results of the application of the statistical tools which have allowed for the definition of the time and spatial variables studied have been presented. First, this has been made in the case of the gravimetric method and then in those cases of real-time measurements instruments, always comparing the results of both techniques. There has been a collection of the results of those phenomena belonging to the synoptical conditions which have allowed for the arrival of African air masses towards Cartagena

since January 1, 2004 to May 31, 2008, together with air mass back-trajectories, aerosol maps, satellite images, and meteorological maps. This analysis has also been extended to the Region of Murcia. A classification of the days under study has been proportioned considering the sectors and the scenarios. For every scenario it has been necessary to obtain the PM_{10} levels of every sampling station, the concentration of those days exceeding the limit value and the annual average number of days exceeding the legal threshold. The quantification of the mass contribution to the daily and annual average PM_{10} levels due to the African dust load has been also presented. The results obtained concerning the PM chemical speciation have also been presented and, finally, the same has been made with those related to the application of the reception models through the use of PCA-MLR and PMF.

Discussion and conclusions:

There has been an identification of a time and spatial variability for those species under study. The biggest values for the crustal species in PM_{10} have been registered in Santa Ana. In the case of those species indicating industrial activities, their levels in PM_{10} have been higher in Bastarreche. Concerning $PM_{2.5}$, there are no data in the case of Bastarreche and the highest levels of the species studied, except for those related to the total mass, have appeared in Mompeán.

The events which are linked to a lower load of PM_{10} in the Region of Murcia correspond to those called Northern Atlantic, Northwestern Atlantic and Western Atlantic, and in these situations the increase in the levels of atmospheric pollutants is due to the activities which are characteristic in that area. Southwestern Atlantic is a common origin of dust outbreaks. The contribution which has a natural origin and a

local character also appears within the Regional events, in which the anthropogenic contribution can also be noticed.

The typical weak Mediterranean gradient of pressure, for which there is an African advection reaching the Region of Murcia, allows for the definition of a fifth (new) scenario, which means up to 21% of the days with dust outbreak which have been studied in this memory, and consequently, they have to be considered in order to assess the air quality in the area.

It has been revealed the amount of crustal species from exogenous sources and the importance of indigenous sources, such as wheeled traffic, for the carbonaceous fraction.

The African dust contribution to the PM_{10} annual mean is considered between 4 and $6 \mu g/m^3$. In the period between January 1, 2004 and May 31, 2005, there have been 562 days with dust outbreak. It is mentioned the possibility of using as a regional background sampling station for the Region of Murcia, the one located in Caravaca de la Cruz.

A decrease in PM_{10} levels can be observed as a consequence of changing the sampling station from Bastarreche to Mompeán. The latter is a sampling station without breach of the limits, neither in the cases of PM_{10} and $PM_{2.5}$ nor in those ones of metals subject to regulation. The differences found in PM_{10} , between the real-time measurements of the Network for Air Quality Monitoring in the Region of Murcia and the gravimetric data, have made it necessary a detailed study of the causes which have provoked this incidence.

Abstract

The factors extracted by PCA-MLR, together with its average contributions to the total mass of PM₁₀ and PM_{2.5} are associated to the following sources:

a) PM₁₀ in Bastarreche: Mineral or crustal 25.0%; Traffic 19.0%; Secondary 17.0%; Local zinc metallurgical industry 3.0%; Marine 3.0%; and shipyard 2.0%.

b) PM₁₀ in Santa Ana: Mineral or crustal 30.0%; Traffic 26.0%; Secondary 22.0%; Industrial from Cartagena 12.0%; and Marine 5.0%.

c) PM_{2.5} in Santa Ana: Traffic 40.0%; Industrial from Cartagena 27.0%; Mineral or crustal 9.0%; Marine 2.0%; and Local zinc metallurgical industry 0.0%.

The factors extracted by PMF, together with its average contributions to the total mass of PM₁₀ and PM_{2.5} are associated to the following sources:

a) PM₁₀ in Bastarreche: Traffic 22.0%; Secondary SO₄²⁻ 19.0%; Secondary NO₃⁻ 16.1%; Marine 16.0%; Power station and local influence 8.2%; Refinery 7.7%; Dust outbreaks and other mineral contributions 6.4%; and Local zinc metallurgical industry 4.5%.

b) PM₁₀ in Santa Ana: Secondary NO₃⁻ 26.0%; Traffic 16.0%; Dust outbreaks and other mineral contributions 15.6%; Marine 13.9%; Secondary SO₄²⁻ 9.8%; Refinery 8.4%; Power station and local influence 8.1%; and Local zinc metallurgical industry 2.0%.

c) PM₁₀ in Mompeán: Secondary NO₃⁻ 34.5%; Secondary SO₄²⁻ 15.4%; Marine 12.5%; Traffic 11.1%; Dust outbreaks and other mineral contributions 11.0%; Refinery 8.1%; Power station and local influence 7.4%; and Local zinc metallurgical industry 0.0%.

d) PM_{2.5} in Santa Ana: Secondary NO₃⁻ 27.2%; Secondary SO₄²⁻ 26.5%; Marine 14.6%; Traffic 7.3%; Influence of Construction 7.0%; Refinery 6.2%; Dust outbreaks and other mineral contributions 5.8%; and Local zinc metallurgical industry 5.3%.

e) PM_{2.5} in Mompeán: Secondary SO₄²⁻ 26.4%; Secondary NO₃⁻ 26.1%; Dust outbreaks and other mineral contributions 13.1%; Power station and local influence 9.5%; Marine 8.1%; Refinery 6.5%; Local zinc metallurgical industry 6.2%; and Traffic 4.0%.

It is remarkable that the two receptor models are complementary. They have allowed for a coherent vision of the contributions to airborne particulate matter either with natural or anthropogenic origin.

In the medium term, the plans for the environmental management of Cartagena's inner city will have to focus their attention on the traffic, as that is likely to become the most relevant anthropogenic source.

1. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

La Ley 34/2007 de 15 noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, define la contaminación atmosférica como “la presencia en la atmósfera de materias, sustancia o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza”. *Grosso modo*, se podría resumir en el fenómeno de decaimiento de los parámetros de la calidad de aire propios de un lugar. El control de la calidad del aire, así como las acciones encaminadas a mejorarla se deben a su impacto sobre la salud humana, los ecosistemas, el clima, las actividades civiles, y con todos ellos la economía; en definitiva, el bienestar.

La contaminación atmosférica puede tener origen natural o antrópico. Sobre las causas naturales la intervención está limitada, y la actuación se limita a estudiarla para tratar de minimizar sus daños (Directiva 2008/50/CE). La contaminación que en su raíz guarda al hombre, no se produce como un fin, es el “subproducto” de otras actividades que presentan este daño colateral. El grado de “aceptación” de unos niveles de contaminación aparece en cada sociedad como el balance de coste y beneficios de las actividades que contaminan. En las sociedades occidentales actuales este balance gravita en los textos jurídicos que van limitando los niveles de las emisiones y de la inmisión (la concentración en aire ambiente).

Por otro lado, la ciencia se ha preocupado de la problemática del aire desde antiguo. Es Séneca quien en el primer siglo de la era cristiana pronuncia la ilustre cita que se erige en referente para iniciar al interesado en este tema (Caramia y Agresta, 2009): “Apenas me alejé del aire pesado de Roma, del hedor del humo de las chimeneas, que cuando las atizaban hacían salir vapores pestilentes y el hollín que contenían, apenas salí de Roma me sentí mucho mejor”. Y es precisamente de la ciencia de donde beben

1. Introducción

los legisladores, con mayor o menor acierto, para dictar umbrales normativos según avanza el conocimiento.

El medio atmosférico donde respiramos se compone de gases y de partículas microscópicas sólidas y líquidas inmersas en los anteriores. Se conoce como aerosol al conjunto mensurable del material particulado sólido o líquido con el seno fluido que lo alberga: el aire (Baron y Willeke, 2001a). Mészáros (1999) excluye de la consideración de partículas al agua pura.

Mientras que las regulaciones actuales para los gases son específicas para cada sustancia, para el material particulado el planteamiento es más complejo, pues las partículas atmosféricas son típicamente polidispersas (Seinfeld y Pandis, 1998; Morawska et al., 1999) con tamaños diversos y composición múltiple (Mogo et al., 2005). Lo que se traduce en que las partículas se pueden clasificar, entre otros, por su origen, tamaño y naturaleza química. A su vez, esto puede dar lugar a parámetros normativos a regular según los supuestos dentro de la escala métrica de tamaños y de la tabla periódica de elementos.

El tamaño de las partículas es trascendente ya que se asocia con la dispersión de las mismas o, dicho de otro modo, el tiempo de residencia en atmósfera. Las partículas de mayor tamaño tienen sus movimientos gobernados por las fuerzas gravitatorias e inercial, es la fracción “sedimentable” del material particulado y viene a tener un tiempo de residencia del orden de horas. En cuanto al diámetro equivalente de estas partículas estaría por encima de los 20-30 μm (Lodge, 1989; Querol Carceller, 2004). A medida que el diámetro se reduce las ecuaciones de la dinámica de fluidos requieren ser ajustadas en lo que se conoce como el régimen de transición (Vicent, 1989): es la fracción de aerosol que se nomina como “en suspensión” y puede tener tiempos de residencia que van de los días a meses. Por tanto, las partículas en suspensión son

1. Introducción

capaces de dispersarse a miles de kilómetros de su fuente emisora si la meteorología es favorable (Pósfai y Molnár, 2000). La fracción más pequeña tiene un comportamiento que se ajusta a las predicciones de la teoría cinético molecular de los gases, por lo que el movimiento browniano es característico en ellas. En esta memoria de tesis doctoral se estudia la fracción en suspensión.

El interés actual por la fracción en suspensión reside en la suposición general de la mayor penetrabilidad en las vías respiratorias, convenientemente distinguiendo entre masa o número de partículas, de las fracciones finas frente a las gruesas (Maynard y Jensen, 2001; De Kok et al., 2006); con el consiguiente daño para la salud que ello implica (Sun et al., 2005; Gutiérrez-Castillo et al., 2006; Yeatts et al., 2007; Middleton et al., 2008). En su atención, la Directiva 2008/50/CE establece umbrales de concentración (como masa por unidad de volumen de aire) para los parámetros de partículas en suspensión “PM₁₀” y “PM_{2.5}”.

No obstante, el cumplimiento de los umbrales de concentración en términos de masa por unidad de volumen de aire sobre los parámetros PM₁₀ y PM_{2.5} no es sinónimo de la inocuidad de unas concentraciones dadas, pues depende de la toxicidad de las partículas (Künzli et al., 2006). Como ejemplo se puede consultar lo referido al plomo en la Directiva 2008/50/CE, o lo que cuatro años antes se establece en la Directiva 2004/107/CE para arsénico, cadmio y níquel dentro de la fracción PM₁₀. En definitiva lo que se hace es disgregar el PM₁₀ según su composición y, por ende, su peligrosidad.

Como se ha dicho, las partículas en suspensión pueden ser transportadas hasta miles de kilómetros si el seno gaseoso en el que se hallan posee la inercia para arrastrarlas. La circulación general de la atmósfera es motor suficiente para llevar a cabo este transporte. Pero peculiarmente otros fenómenos atmosféricos como la precipitación eliminan partículas del aire al ejercer como lavado atmosférico. Yendo incluso más

1. Introducción

lejos, las lluvias que se descargan de las nubes necesitan de las partículas para formarse, son los llamados “CCN” (del inglés *Cloud Condensation Nuclei*) o núcleos de condensación de nubes (Hudson y Da, 1996). Por tanto, ya sólo por fenómenos naturales, la masa o concentración de un determinado tamaño de partículas en un lugar y momento depende de relaciones complejas meteorológicas, que pueden ser beneficiosas o perjudiciales. Esta dinámica atmosférica se sobrepone a aportes de fuentes naturales como el aerosol marino, las emisiones volcánicas o las emisiones de polvo mineral de zonas desérticas.

La Directiva 2008/50/CE es consciente de que las aportaciones de las fuentes naturales no pueden controlarse, por lo que permite tener en cuenta dichos aportes correspondientes a la hora de evaluar el cumplimiento de los valores límite.

Las fuentes naturales que con mayor relevancia afectan al sudeste de la Península Ibérica son las contribuciones de polvo desde los desiertos africanos, la resuspensión local de material particulado y el aerosol marino (Moreno Grau, 1998; Querol et al., 2006; Negral et al., 2008, 2010). En esta tesis se estudia su incidencia en la ciudad de Cartagena y resto de la Región de Murcia durante casi un lustro: desde 2004 a 2008. Ya que toda fuente tiene su huella química, es interesante buscar a los trazadores que la caracterizan (Li et al., 2003). De esta manera se podrá detectar en base a ellos la presencia de una fuente, en este caso del polvo mineral africano, y así perfilar el modo en que afecta a un punto de muestreo según otros factores como los meteorológicos.

No obstante, la contaminación atmosférica de origen antrópico ha sido un problema acuciante en la ciudad de Cartagena durante años (Moreno-Grau, 2006). La ciudad es un polo industrial, pero su actividad fabril era superior en décadas anteriores (Martínez García, 1996). El ahínco por mejorar la deteriorada calidad del aire ambiente en el municipio se comprueba al revisar la prolija labor investigadora en las tesis doctorales

1. Introducción

defendidas tanto sobre el aerosol sedimentable (Cascales Pujalte, 1993; Vergara Juárez, 2005) como en suspensión (Pérez Tornell, 1997; Martínez Arroyo, 2006) o el inicio en la modelización y gestión del problema (Serrano Anierte, 2001; Cirera Suárez, 2005).

Por primera vez en un trabajo de este detalle se estudian aquí cuestiones científicas que afectan al cumplimiento de los parámetros normativos de aerosol en suspensión PM_{10} y $PM_{2.5}$, vigentes en la actualidad, en la serie temporal 1998-2008 para estaciones de control de la contaminación atmosférica de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Asimismo, este estudio es pionero al definir el grado de impacto de los episodios de polvo africano sobre el PM_{10} en Cartagena, así como la caracterización de los escenarios que provocan estos episodios. Este último aspecto es de interés para delimitar si un supuesto incumplimiento normativo es achacable o no a la acción humana. Para este trabajo se dispone de medio centenar de variables analíticas; cantidad de la que nunca antes se había dispuesto. Por último, es la primera vez que se utiliza la Factorización Matricial por Positivación (PMF por sus siglas del inglés *Positive Matrix Factorization*), uno de los dos modelos de receptor que se aplican sobre las cincuenta especies químicas cuantificadas en PM_{10} y $PM_{2.5}$. Con ello se pretende identificar y cuantificar las contribuciones de las diferentes fuentes de emisión a los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente.

2. OBJETIVOS

2. Objetivos

2. Objetivos

Este trabajo se enmarca dentro de los estudios de aerosol atmosférico realizados en los grupos de trabajo Geoquímica Inorgánica Atmosférica del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA, CSIC) y Química del Medio Ambiente (UPCT) que han iniciado con este trabajo una enriquecedora colaboración.

Cartagena experimentó en la segunda mitad del siglo XX un fuerte desarrollo industrial que originó importantes problemas de contaminación. La dinámica atmosférica que controla la dispersión de contaminantes favorece el desarrollo de episodios de mala ventilación atmosférica, por lo que los episodios de superación de los parámetros normativos de calidad del aire han sido frecuentes en la zona. Se lleva a cabo esta tesis doctoral con el fin de interpretar la variabilidad de los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente, así como de sus componentes mayoritarios, minoritarios y traza; también se busca identificar y cuantificar los aportes de origen natural a esos niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente, así como los de otras fuentes de emisión antropogénicas y naturales. En base a este objetivo general, se han planteado para esta tesis los siguientes objetivos:

1. Construir las bases de datos del aerosol atmosférico en suspensión para las fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente en términos de concentración en masa y especiación química, complementadas con las variables meteorológicas y de codificación que permitan interpretar la variabilidad espacial y temporal de los parámetros cuantificados.
2. Interpretar o deducir los orígenes de las masas de aire para cada día de medida.
3. Estudiar las situaciones sinópticas causantes de intrusión de masas de aire africano en la Región de Murcia.

2. Objetivos

4. Identificar los días en los que se producen aportes de material particulado procedente de los desiertos africanos del Sahara-Sahel, estudiando la influencia que tanto las intrusiones de masas de aire africano, como los vientos tienen sobre los niveles en aire ambiente de los parámetros estudiados.

5. Cuantificar las contribuciones de polvo africano a los niveles de PM_{10} (diarios y anuales) en aire ambiente.

6. Analizar aspectos científicos relevantes que puedan ayudar a interpretar las causas de los incumplimientos normativos de los contaminantes atmosféricos asociados a la materia particulada (PM_{10} , $PM_{2.5}$, Pb, Cd, As y Ni).

7. Aplicar herramientas estadísticas a las bases de datos experimentales de composición química basadas en el Análisis de Componentes Principales (ACP) y Factorización Matricial por Positivación (PMF), para identificar y cuantificar las contribuciones de los diferentes focos de emisión a los niveles en aire ambiente de PM_{10} y $PM_{2.5}$.

8. Valorar las herramientas de análisis factorial utilizadas, la asignación de fuentes y las concentraciones predichas por los modelos aplicados.

9. Realizar un juicio crítico de las metodologías utilizadas y de los resultados obtenidos.

10. Los objetivos 1 a 9 tienen como nexo común el fin último de identificar las fuentes antropogénicas más relevantes a tener en cuenta en los planes de gestión ambiental en la ciudad de Cartagena.

3. ANTECEDENTES

3. Antecedentes

3.1. Material particulado atmosférico

Mészáros (1999) define el material particulado atmosférico como el conjunto de partículas en estado sólido y/o líquido, con excepción del agua pura. Estas partículas están inmersas en los gases de la atmósfera, por lo que todo el sistema recibe el nombre de aerosol, tal como establecen Vicent (1989) o Baron y Willeke (2001a).

El material particulado es un contaminante clave en calidad del aire por ser uno de los llamados “contaminantes criterio”, con todo lo que ello conlleva: normativa reguladora, estudios toxicológicos, epidemiológicos, ecológicos, geoquímicos, de la ingeniería civil y, en suma, implicaciones económicas (Wark y Warner, 1990; Cox, 2000; EPA, 2005). Esta aparición de partículas no deseadas ni en tiempo ni lugar, tiene su lado opuesto en los beneficios que otros aerosoles han supuesto al hombre. Baron y Willeke (2001b) hablan de “aerosoles deseables” cuando se refieren, por ejemplo, a los que se utilizan para fabricar materiales de alta tecnología tales como los polvos cerámicos, los materiales superconductores y las fibras ópticas. Además de estos usos tecnológicos, tampoco se puede descuidar el papel fundamental que desempeñan a nivel planetario: algunas de estas partículas son los núcleos de condensación de nubes (Hudson y Da, 1996), con lo que su papel en el clima queda de manifiesto en cuanto a la precipitación.

Ya que los aerosoles atmosféricos son típicamente polidispersos (John, 2001; Seinfeld y Pandis, 1998; Morawska et al., 1999), las propiedades de las partículas deben ser conocidas dentro de la variedad que presentan. Como se va a ver a continuación, el tamaño de las partículas es una de las propiedades que las clasifica y que se requiere para predecir su tiempo de residencia en la atmósfera. Pero otras características de las

3. Antecedentes

partículas son su origen, y la naturaleza química, que las dotará de menor o mayor reactividad; sus fuentes y cuáles son los parámetros que se utilizan para informar sobre su concentración.

Como consecuencia de sus propiedades, aparecen unos efectos que pueden tener consecuencias sobre la salud, el clima, los ecosistemas y los intereses civiles.

3.1.1. Propiedades

3.1.1.1. Granulometría, mecanismo de formación y forma

La distribución de tamaños de las partículas tiende a seguir patrones que se repiten según se considere su volumen, superficie, número o masa. Sin embargo, la universalidad de la distribución de frecuencias por tamaños no se puede asumir en vista de las diferencias que Seinfeld y Pandis (1998) encontraron al recoger las distribuciones de aerosoles urbanos, continentales de ambientes rurales, continentales de lugares remotos, en la troposfera libre, en regiones polares y en el desierto. De cualquier manera, para simplificar el estudio se agrupan los tamaños de las partículas por las diferentes modas que se observan, más o menos acentuadas, en el conjunto de las distribuciones de partículas.

La denominación de partículas como “finas” o “gruesas” puede estar aludiendo a tamaños no equivalentes dependiendo de la disciplina donde se utilicen, por ejemplo en calidad de aire o en ciencias atmosféricas.

En calidad del aire las partículas “finas” aluden a las menores de $2.5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) de diámetro, frente a las de mayor tamaño, entre 2.5 y $10\ \mu\text{m}$, a las que en esta tesis se alude como “gruesas” ($\text{PM}_{2.5-10}$). Estos límites se corresponden con los puntos de corte

3. Antecedentes

que establece la vigente normativa europea de calidad de aire: Directiva 2008/50/CE. Esta directiva define el “PM₁₀” como las partículas que pasan a través del cabezal de tamaño selectivo definido en el método de referencia para el muestreo y la medición de PM₁₀ de la norma EN 12341, para un diámetro aerodinámico de 10 µm con una eficiencia de corte del 50%; el “PM_{2.5}” como las partículas que pasan a través del cabezal de tamaño selectivo definido en el método de referencia para el muestreo y la medición de PM_{2.5} de la norma EN 14907, para un diámetro aerodinámico de 2.5 µm con una eficiencia de corte del 50%. Otros límites o definiciones que se utilizan asiduamente corresponden con el conjunto de las partículas en suspensión totales “TSP” (por sus siglas del inglés *Total Suspended Particles*) y con las partículas “PM₁”, es decir, serían aquellas partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo de 1 µm de diámetro aerodinámico con una eficiencia de corte del 50%. Ya que la relación entre PM_{2.5} y PM₁₀ no es universal, la ratio PM_{2.5}/PM₁₀ se convierte en un factor propio que puede indicar el origen del aerosol (Van Dingenen, 2004).

En ciencias atmosféricas las partículas “ultrafinas” son las menores de 0.1 µm, las “finas” las menores de 1 µm y las “gruesas” las mayores de 1 µm. Este abanico de tallas del material particulado atmosférico abarca hasta cuatro órdenes de magnitud, desde los nanómetros a las decenas de micras. Hay cuatro rangos o modas en los que se agrupan los tamaños de las partículas, son las clases modales de: nucleación, Aitken, acumulación y gruesa (EPA, 1996; Querol Carceller, 2004). Las características de las modas de tamaños son las siguientes:

a) Moda nucleación. A partir de gases precursores como H₂SO₄, NH₃ y VOCs (compuestos orgánicos volátiles por sus siglas del inglés *Volatile Organic Compounds*) se generan partículas de tamaños menores de 0.02 µm. Su vida media en la atmósfera es

3. Antecedentes

de horas, pues aumentan su tamaño bien por condensación o por coagulación con otras partículas (Kulmala et al., 2004).

La teoría clásica de la nucleación establece que para que se produzca este proceso se deben cumplir condiciones en cuanto a la concentración del gas precursor, la humedad relativa y la temperatura. Easter y Peters (1994) han constatado que el proceso de nucleación se ve favorecido por las bajas temperaturas y la alta humedad relativa. Rodríguez et al. (2005) han señalado la existencia de fenómenos de nucleación por vía seca cuando se dan condiciones de baja humedad relativa, alta velocidad del viento, elevadas concentraciones de ozono troposférico e intensa radiación solar. Boy y Kulmala (2002) también han indicado cómo la radiación solar influye en la activación de la nucleación.

Las emisiones del tráfico se asocian en parte con la presencia de partículas en esta moda (Querol Carceller, 2004), ya que, por un lado, los compuestos semi-volátiles, al ser expulsados por los tubos de escape, se encuentran con una temperatura de la atmósfera más fría y se ven sometidos a condiciones de sobresaturación, que desencadenan intensos procesos de nucleación; por otro lado, también se emiten partículas de carbono elemental del motor (Imhof et al., 2005), aunque estas suelen ser en su mayoría más gruesas.

b) Moda Aitken. Entre 0.02 y 0.1 μm aparecen en esta moda partículas emitidas directamente y aquellas que se forman por coagulación de otras preexistentes, por condensación y/o reacciones en fase líquida (Querol Carceller, 2004; Kerminen et al., 2007).

Las partículas de carbono emitidas directamente a la atmósfera (origen primario) desde los procesos de combustión (mayoritariamente de los motores diésel) se suelen

3. Antecedentes

acumular en esta moda (Morawska et al., 1999; Zhu et al., 2002). Estas partículas suelen presentar diámetros aproximadamente de 0.1 μm , generalmente superiores a 0.03 μm y que pueden alcanzar 0.15-0.2 μm (Matter et al., 1999).

c) Moda acumulación. Entre 0.1 y 1 μm se encuentran las partículas de este grupo. Las partículas de la moda Aitken crecen por procesos de coagulación y/o por condensación de compuestos semi-volátiles en la superficie de la partícula original. Estos procesos son más intensos en la fase líquida, por lo que se acrecientan en las nubes. Aproximadamente el 90% del sulfato que se forma en la atmósfera es originado por la oxidación en fase líquida del SO_2 en las nubes (Langner y Rodhe, 1991). En las zonas urbanas otra fracción importante de esta clase modal tiene su origen en las partículas primarias de vehículos pesados (Zhu et al., 2002; Rose et al., 2006).

d) Moda gruesa. Son partículas de tamaño mayor de 1 μm cuyo origen es eminentemente primario. Se suelen formar por procesos mecánicos que tienen origen en la erosión de materiales y la rotura de las burbujas de aire en el mar. Las partículas menores de 1 μm tienen su límite de crecimiento en esa frontera y no pueden originar partículas mayores de 1 μm ; mientras que los procesos mecánicos no pueden normalmente producir partículas de diámetro inferior a 1 μm por limitaciones energéticas. Mårtensson et al. (2003) describieron la excepción a esta norma en el caso del aerosol marino, que puede generar elevada cantidad de partículas de 0.02 μm de diámetro.

Si bien los procesos de generación primarios son preponderantes en esta moda, y las partículas inferiores a la micra ven impedido su crecimiento, esto no imposibilita que las partículas inicialmente mayores de la micra se modifiquen para pasar a ser nuevas partículas secundarias. Reacciones químicas entre las partículas primarias de origen

3. Antecedentes

mineral o marino con gases presentes en la atmósfera están en este supuesto. Por estos motivos, fracciones de sulfatos y nitratos secundarios se explican en esta moda (Harrison y Pio, 1983; Ten Harkel, 1997; Pio y Lopes, 1998; Ueda et al, 2000; Alastuey et al., 2005) así como la modificación de partículas originalmente silíceas que son sustrato de reacciones de superficie (Schurath y Naumann, 1998; Perraudin et al., 2005).

Estas modas granulométricas aparecen por aporte de material particulado en esos tramos, mayoritariamente a consecuencia de diferentes procesos formativos como la rotura, fragmentación o extracción de una superficie sólida o líquida; la coagulación de otras partículas existentes; la condensación desde la fase gaseosa y las reacciones heterogéneas donde intervienen gases o vapores, y la nucleación. La Figura 3.1 representa algunos de estos procesos. En general se habla de:

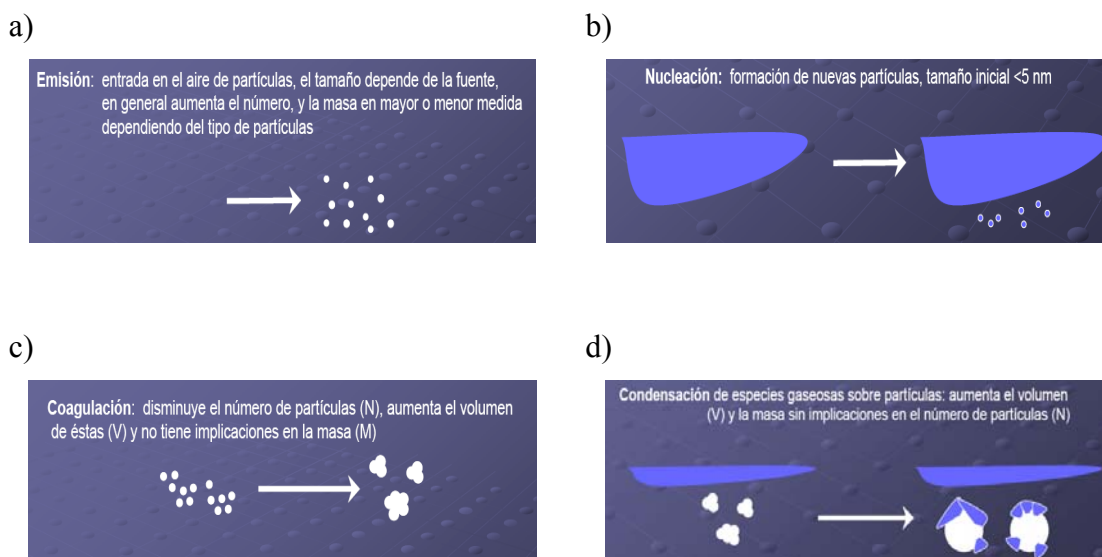
- a) Partículas primarias: se emiten directamente desde la fuente de emisión.
- b) Partículas secundarias: son generadas a partir de uno o varios precursores gaseosos por procesos físico-químicos que pueden implicar únicamente a gases (nucleación homogénea) o incluir reacciones en fase líquida y/o sólida entre gases y aerosoles ya existentes (nucleación heterogénea, adsorción o coagulación) (Warnek, 1988).

La asignación de diámetro a las partículas comporta la idealización de que todas ellas son esferas. Esto no es así realmente, de modo que aunque algunas tienen formas esféricas, como las gotas de aceite; también existen cilindros, como las fibras de vidrio; formas cristalinas minerales; con superficies regulares o fracturadas; finas fibrillas que se unen en haces como el amianto; o conjuntos esferoidales muy pequeños (como el *soot* de carbono) (Baron y Willeke, 2001b). Esta situación introduce la necesidad de armonizar un criterio cuando se habla del diámetro de una partícula. Wark y Warner

3. Antecedentes

(1990) definen el “diámetro aerodinámico equivalente” como el diámetro de una esfera con la densidad de 1 g/cm^3 que cae libremente en un flujo laminar a la misma velocidad terminal que la correspondiente partícula no esférica. En esta definición se sustentan todas las asunciones cuando se habla de diámetro aerodinámico de las partículas.

Figura 3.1. Gráficos de representación de procesos relacionados con la formación del material particulado atmosférico. a) La fuente de emisión determina el tipo de partícula. b) Por la nucleación se crean nuevas partículas de tamaño minúsculo. c) En la coagulación se produce la “fusión” de partículas preexistentes. d) Condensación de gases sobre partículas preexistentes.



3.1.1.2. Tiempo de residencia y eliminación por deposición

Las partículas se comportan de modo distinto en función del tamaño y se encuentran gobernadas por fuerzas físicas diferentes (Vicent, 1989; Baron y Willeke, 2001b). Las partículas pequeñas, menores de $1 \text{ }\mu\text{m}$ de diámetro, presentan movimiento Browniano, la teoría cinético-molecular de los gases explica su comportamiento. Las partículas grandes, superiores a $10 \text{ }\mu\text{m}$ de diámetro, se rigen por la fuerza de la gravedad y la

3. Antecedentes

fuerza inercial previa que haya adquirido la partícula: la permanencia en suspensión en el aire es por periodos de tiempo relativamente cortos, pues su velocidad de caída es superior al cm/s (Bueno et al., 1997). Las partículas de tallas intermedias son tratadas tras un ajuste de las ecuaciones de la mecánica de fluidos, en lo que se denomina el régimen de transición.

El tiempo de residencia de las partículas de la moda nucleación es del orden de horas debido a su rápida transformación a la moda Aitken. Partículas de tamaño superior a $0.05\ \mu\text{m}$ de diámetro tienen un tiempo de residencia inverso a su tamaño: partículas de más de $20\ \mu\text{m}$ de diámetro son eliminadas de la atmósfera en cuestión de minutos u horas, mientras que partículas entre los $2\text{-}3\ \mu\text{m}$ de diámetro tienen tiempos de residencia de entre 2 y 4 días, siendo las partículas pertenecientes a la moda acumulación y al límite superior de la moda Aitken ($0.1\text{-}1\ \mu\text{m}$ de diámetro) las que presentan los mayores tiempos de residencia, desde días a semanas. Con esta permanencia en la atmósfera estos tamaños de partículas pueden alcanzar distancias de miles de kilómetros (Seinfeld y Pandis, 1998; Mészáros, 1999). Las partículas minerales africanas no cumplen este esquema; pues teniendo la mayor parte de su masa en la moda gruesa, por encima de $2.5\ \mu\text{m}$ de diámetro, pueden viajar miles de kilómetros (Prospero, 1999). El transporte de estas partículas africanas se produce principalmente en la troposfera libre, donde la velocidad del viento es mayor y menores los procesos de lavado (Prospero, 1999).

Tanto la composición química de la partícula como sus propiedades físicas condicionan el tiempo de residencia del material particulado. Así, cuanto mayor sea la reactividad de los compuestos que forman las partículas menor será su permanencia en la atmósfera (Viana Rodríguez, 2003). Por otro lado, las partículas higroscópicas de las

3. Antecedentes

modas acumulación y gruesa actúan como eficientes núcleos de condensación, convirtiendo a la deposición húmeda en un mecanismo principal de su eliminación de la atmósfera. Se considera con ello que estas partículas tienen una vida media similar a la del agua, unos 10 días (Pósfai y Molnár, 2000). Las partículas hidrófobas presentarán el comportamiento contrario; al poseer los aerosoles carbonosos tendencia hidrófoba, su vida media es superior que la de la fracción soluble (Gaffney et al., 2002).

El NH_4NO_3 y los VOCs son ejemplo de dos especies en las que las condiciones ambientales (humedad y temperatura) condicionan termodinámicamente la presencia en la atmósfera de dichos compuestos. Como estas variables varían en el año, es de esperar que la residencia de estos compuestos en el aire ambiente muestre patrones estacionales (Adams et al., 1999; Querol et al., 2005a, 2006; Negral et al., 2010). En efecto, el NH_4NO_3 no es estable frente al calor, presentando valles de concentración en verano y puntas en invierno (Querol et al., 1998; Viana Rodríguez, 2003). Al contrario, el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tiene gran estabilidad termodinámica en condiciones atmosféricas, por lo que sus tiempos de residencia son prolongados y eso lleva a utilizarlo como un trazador de transporte a larga distancia y/o envejecimiento (Seinfeld y Pandis, 1998; Mészáros, 1999).

La deposición de las partículas es el proceso en que son transferidas desde la atmósfera a la superficie terrestre (suelos, aguas, vegetación o edificaciones) dentro de un área dada (por ejemplo 1 m^2) en un tiempo establecido (por ejemplo 1 día). De este modo continúan su movilidad en los ciclos biogeoquímicos o la cadena alimentaria (European Commission, 2000). La deposición se puede producir por “vía húmeda” cuando el mecanismo de eliminación implica al agua, y por “vía seca” bajo la acción gravitatoria; la suma de las dos se conoce como “deposición total” (Akkoyunlu y

3. Antecedentes

Tayanç, 2003). Los medidores usuales de deposición húmeda o seca, no pueden recoger la que acompaña a las nieblas, brumas y rocío, por lo que algunos autores denominan a esta parte de la deposición húmeda, “deposición oculta” (Grantz et al., 2003). Consecuencia de la variabilidad de los fenómenos de precipitación, ambas son espacial y temporalmente dependientes (Harrison et al., 2001).

La deposición seca es fuertemente dependiente del tamaño de las partículas, de las condiciones atmosféricas y de las características del terreno. Es más efectiva para las partículas gruesas, donde se incluye el material geológico primario. La “intercepción” es la deposición seca que aparece al ser transportadas las partículas horizontalmente por el viento y encontrarse con algún obstáculo.

La deposición húmeda puede ocurrir para las partículas finas higroscópicas al incorporarlas a las nubes, por ser núcleos de condensación de nubes, o bien por arrastre de la lluvia o nieve, prevaleciendo este último proceso para las partículas gruesas.

3.1.1.3. Naturaleza química

Las fracciones del material particulado que en base a su composición se pueden agrupar son (Querol Carceller, 2004): la materia mineral o crustal, el aerosol marino, los compuestos azufrados, los compuestos nitrogenados y los compuestos carbonosos. De la designación de las dos primeras fracciones ya se puede intuir la estrecha relación entre fuentes de partículas y composición química. Aunque la especiación química de un muestra de material no indica inequívocamente la fuente de procedencia (Minguillón Bengochea, 2007).

3. Antecedentes

a) Materia mineral o crustal.

Las partículas con origen en la corteza terrestre o minerales suponen la fracción mayoritaria en cuanto a masa de aerosol atmosférico (Duce, 1995; IPCC, 1996). Son los vientos quienes resuspenden el material particulado de los suelos. Teniendo mayor impacto en las regiones áridas o semiáridas del planeta que se concentran en la franja latitudinal entre los 10-35° N, donde se incluyen el Norte de África, Oriente Medio y Asia Central (Prospero et al., 2002). La resuspensión de los desiertos de Sahara y Sahel o Chad se produce en cuencas topográficas donde se acumulan sedimentos resultantes de procesos erosivos de las épocas de mayor precipitación (Prospero, 1999; Prospero et al., 2002). En los periodos de sequía estos depósitos se ven expuestos a elevadas temperaturas que motivan recirculación del aire y procesos convectivos que inyectan este material en la atmósfera. Estos procesos también pueden ser significativos a escala local en regiones semi-áridas como el sudeste de la Península Ibérica (Viana Rodríguez, 2003; Querol Carceller, 2004). En cuanto a los factores de los que depende la resuspensión, se pueden destacar: la velocidad, las ráfagas y la accesibilidad del viento; la frecuencia de las perturbaciones mecánicas; la superficie del suelo, es decir, la susceptibilidad a la erosión de los elementos o formaciones del suelo; la humedad y la cobertura vegetal (Marticorena et al., 1997; Cowherd, 2001). El sudeste ibérico presenta unas condiciones en las que todos estos factores se producen.

La granulometría de estas partículas minerales desérticas es relativamente constante presentando modas en los diámetros de 1.5, 6.7 y 14.2 μm (Alfaro et al., 1998). Por ello, en términos de masa, tienen una granulometría gruesa predominante entre los 5-25 μm (Pey Betrán, 2007). La velocidad del viento motiva que los picos se acentúen dentro de las modas, de tal manera que a menores velocidades del viento se resuspenden

3. Antecedentes

partículas de mayor diámetro y las velocidades altas consiguen resuspender las partículas de menor tamaño (Viana Rodríguez, 2003).

La composición de estas partículas será representativa del área de la fueron resuspendidas. Por ello, tenderá a parecerse, en términos globales, a la composición de los componentes corticales y, de modo más focalizado, a la composición resultante de la localización geográfica de la fuente y su variación a consecuencia de transformaciones o segmentaciones en su viaje hasta la zona de recepción. Pósfai y Molnár (2000) explican que el menor diámetro de partícula y morfología laminar de las arcillas hacen que las masas de aire transportadas desde regiones desérticas se vayan enriqueciendo en estos minerales. Se puede decir que los principales constituyentes minerales son (Glaccum y Prospero, 1980; Schütz y Sebert, 1987; Adedokun et al., 1989; Ávila et al., 1997; Caquineau et al., 1998): cuarzo (SiO_2); carbonatos como calcita (CaCO_3) y dolomita (Ca,MgCO_3); arcillas como caolinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$] o illita [$\text{K}(\text{Al,Mg})_3\text{SiAl}_{10}(\text{OH})$]; cloritas [$\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{Mg,Fe})_5(\text{Al,Fe})_2(\text{OH})_8$]; feldespatos como albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) y microclina [$(\text{K,Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$]; sulfatos como yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrita (CaSO_4) y baritina (BaSO_4); fosfatos como apatito [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,Cl,OH})$]; y óxidos de hierro como hematites (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4) e ilmenita (FeTiO_3).

Algunos sulfatos y nitratos, tal como se verá en párrafos posteriores, no tienen el origen primario de esta materia mineral, sino por reacciones entre especies ácidas de azufre y nitrógeno con carbonatos y cloruros.

Otra salvedad respecto del origen del material mineral es que a nivel global está dominado por los grandes procesos de transporte desde las regiones áridas. Si bien a escala local la contribución de especies minerales por fuentes antrópicas puede verse afectada; por ejemplo: por los aportes de cementeras, industrias cerámicas, construcción

3. Antecedentes

o las partículas del desgaste de los firmes de rodadura o resuspensiones del tráfico (Querol et al., 2001a, 2001b, 2004a, 2004b, 2004c).

b) Aerosol marino.

En términos del volumen de emisiones a escala global, el aerosol marino constituye el segundo grupo más relevante con el 38% de las emisiones globales a nivel terrestre (IPCC, 1996, 2001). Son partículas que se forman en las superficies de los mares y océanos por dos procesos: la ruptura de burbujas de aire que alcanzan la superficie oceánica y la agitación de dichas superficies por el viento. En particular, la velocidad del viento es directamente proporcional al número de partículas que se generan desde la capa límite oceánica (Pósfai y Molnár, 2000).

La rotura de una burbuja de aire en el océano puede producir hasta 10 partículas de aerosol marino de entre 2-4 μm de diámetro (denominadas en inglés *jet drops*) y varios cientos por debajo de la micra (denominadas en inglés *film drops*); como se ha dicho en párrafos anteriores, Mårtensson et al. (2003) describieron la formación de un elevado número de partículas de 0.02 μm . En términos de masa, la moda habitual está entre 1-5 μm con una moda menor entre 5-10 μm (Querol et al., 2001a; Alastuey et al., 2000).

El océano es reservorio de las especies químicas; cuya abundancia por elementos va de las 0.000006 partes por millón para el oro, a las 18980 partes por millón para las especies del cloro (Blas, 1963). Por tanto, la composición del aerosol marino deriva de este gran almacén, Mészáros (1999) presenta las concentraciones y relaciones entre las principales especies que se ilustran en la Tabla 3.1. Especies químicas polares, con gran solubilidad en agua, van a acumularse claramente en los océanos. El NaCl encabeza la lista, pero también son importantes otras como MgCl_2 , MgSO_4 , K_2SO_4 ó Na_2SO_4 .

3. Antecedentes

Tabla 3.1. Principales componentes del agua del mar. Ratio másico entre los diferentes iones (X) y Na^+ (Mészáros, 1999).

Iones	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Br^-	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+
Mg/kg	19300	2700	142	67	10800	1300	412	399
X/Na	1.79	0.25	0.013	0.006	1	0.12	0.038	0.037

c) Compuestos azufrados.

Entre el 7-10% de las emisiones globales terrestres de material particulado son debidas a los compuestos de azufre (IPCC, 1996, 2001).

Los principales compuestos de azufre presentes en la atmósfera son sulfatos secundarios que proceden de la oxidación de precursores gaseosos, principalmente el SO_2 : el 90% del sulfato formado en atmósfera se forma en las nubes a partir del SO_2 (Langner y Rhode, 1992) y estas partículas suelen tener un diámetro por debajo de la micra (EPA, 1996; Querol et al., 2001a).

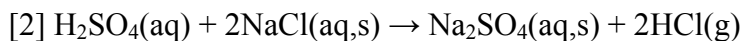
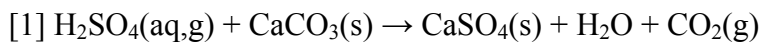
Las fuentes naturales de precursores de sulfatos son fundamentalmente emisiones biogénicas y emanaciones volcánicas (Andreae y Crutzen, 1997). El fitoplancton marino emite gran cantidad de compuestos azufrados (Sieburth, 1983; Andreae, 1986) como CH_3SCH_3 dimetil-sulfuro (que se representa como DMS) y carbonil-sulfuro (COS). Previa conversión a SO_2 , esos compuestos orgánicos inician una serie de oxidaciones que los convierten en los denominados sulfatos de origen marino, (Harrison y van Grieken, 1998). Las emanaciones volcánicas representan la segunda fuente natural de SO_2 ; son productos del fraccionamiento de compuestos de azufre en la cámara magmática (Keppler, 1999) que en la erupción son inyectados en la atmósfera.

3. Antecedentes

La fuente antropogénica principal de precursores gaseosos de sulfatos está en la combustión de petróleos y carbones no desulfurados. Estos combustibles fósiles son el origen del 60% de las emisiones de sulfato antropogénico en el caso del carbón y del 28% en el caso del petróleo (Warneck, 1988).

Hay fuentes primarias naturales de sulfato como los yacimientos yesíferos. También las hay primarias antrópicas como las actividades de explotación de esos yacimientos. En cuanto a las partículas de sulfato secundario, la cinética de oxidación de SO_2 a H_2SO_4 en atmósfera varía entre 1-10%/hora según las condiciones meteorológicas (Hidy, 1994). La mayor radiación solar acelera el proceso (Mészáros y Vissy, 1974; Heintzenberg, 1985). Ya que el H_2SO_4 tiene una presión de vapor muy baja, este ácido no se encuentra en fase gaseosa en la atmósfera (Mészáros, 1999), si no que está en fase líquida como diminutas partículas en fase acuosa. La neutralización habitual de estas pequeñas partículas de H_2SO_4 en fase acuosa se produce parcial o totalmente por NH_4^+ , formándose bien NH_4HSO_4 ó bien $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Junge, 1963). El $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tiene un diámetro de partícula reducido, que se sitúa en la moda acumulación (0.1-0.5 μm , Mildford y Davidson, 1987; Leck y Persson, 1996), es una especie altamente estable, cuya consecuente notable permanencia en la atmósfera lo convierte en un trazador de procesos de transporte a larga distancia (Warneck, 1988; Seinfeld y Pandis, 1998; Mészáros, 1999). El Na^+ y Ca^{2+} pueden producir la neutralización del H_2SO_4 para producir Na_2SO_4 y CaSO_4 , respectivamente, en aquellos lugares donde la concentración de aerosoles enriquecidos en esos cationes sea dominante. Este puede ser el caso de aerosoles procedentes de zonas calcáreas (ricas en carbonatos cálcicos, como la calcita CaCO_3) o salinas (ricas en halita, NaCl). Así, estarían ocurriendo las siguientes reacciones (Harrison y Pio, 1983; Zhuang et al, 1999; Alastuey et al., 2005):

3. Antecedentes



d) Compuestos nitrogenados.

Los compuesto de nitrógeno representan entre el 2-5% de las emisiones globales a nivel terrestre (IPCC, 1996, 2001). Son principalmente NO_3^- y NH_4^+ que, al igual que los sulfatos, son mayoritariamente de origen secundario, también con un diámetro por debajo de la micra (Mildford y Davidson, 1987; EPA, 1996; Querol et al, 2001a).

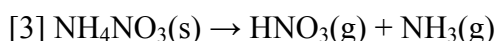
Las fuentes naturales que emiten compuestos de nitrógeno se hallan en la actividad bacteriana de los suelos (N_2O), los incendios forestales (NO_2 , NO), las descargas eléctricas (NO) y las emisiones biogénicas (NH_3) (Seinfeld y Pandis, 1998). Mészáros (1993) establece que las emisiones naturales de NO y NO_x a escala global sólo representan la tercera parte de las emisiones antropogénicas.

Las emisiones antrópicas de gases precursores de partículas con N se dan fundamentalmente en procesos de combustión que a elevadas temperaturas consiguen oxidar el N_2 atmosférico. Entre estas fuentes están las centrales eléctricas que utilizan gas, fuel-oil o carbón como combustible; el tráfico; la quema de biomasa o la fusión de fritas cerámicas (Minguillón Bengochea, 2007).

Por tanto, los principales gases precursores de material particulado nitrogenado emitidos a la atmósfera por todas las fuentes son: N_2O , NO , NO_2 y NH_3 cuyos procesos oxidativos terminan en la formación de HNO_3 (Warneck, 1988; Mészáros, 1999) y producción NH_4^+ (Querol Carceller, 2004). La velocidad de reacción de $\cdot\text{OH}$ con NO_2 es diez veces superior a la registrada entre $\cdot\text{OH}$ y SO_2 , por lo que la formación de H_2SO_4 en la atmósfera será más lenta que la de HNO_3 (Gillani y Wilson, 1983). En condiciones

3. Antecedentes

normales, el HNO_3 gaseoso disuelto en micro-partículas en fase acuosa se neutraliza con NH_3 para formar NH_4NO_3 (EPA, 1996). Pero este producto es inestable debido a la mayor presión de vapor de NH_3 y HNO_3 (Warneck, 1988; EPA, 1996; Adams et al., 1999; Mészáros, 1999), con lo que a 25°C el NH_4NO_3 se volatiliza totalmente (Schaap et al., 2004) dando lugar nuevamente a HNO_3 gaseoso de la siguiente manera:

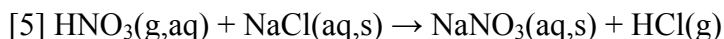
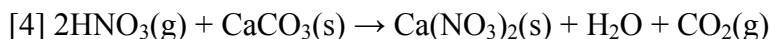


Esta volatilización puede ocurrir tanto en atmósfera como en los dispositivos de muestreo de partículas. Este es el motivo de que el NH_4NO_3 presente una marcada estacionalidad con máximos invernales y mínimos estivales en entornos como la Península Ibérica (Seidl et al, 1996; Querol et al., 1998, 2001a).

Otra consecuencia de la elevada presión de vapor del NH_4NO_3 es que, en medio ácido como en situaciones de sulfatos ácidos no neutralizados por amonio, se produce la disociación del NH_4NO_3 (Gebhart et al., 1994) y la formación del termodinámicamente más estable $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Con ello y aunque la cinética favorezca la oxidación de precursores gaseosos a HNO_3 , la formación de NH_4NO_3 , en medio ácido, siempre estará supeditada a la previa neutralización de los sulfatos atmosféricos por amonio (Querol Carceller, 2004).

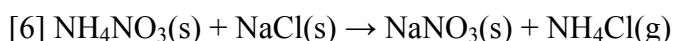
Como también ocurre para los sulfatos de sodio y calcio, se pueden presentar en la atmósfera NaNO_3 y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ como resultado de la neutralización del HNO_3 . Por la granulometría de las partículas con las que se produce la neutralización (por ejemplo calcita y halita), estos compuestos tienen un tamaño superior a la sal de amonio, situándose en la moda gruesa tras las siguientes reacciones (Harrison y Pio, 1983; Warneck, 1988; Harrison y Kito, 1990; Wakamatsu et al., 1996; Pio y Lopes, 1998; Querol et al., 1998, Zhuang et al., 1999):

3. Antecedentes

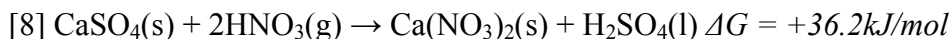
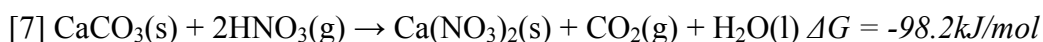


La manifestación de la estabilidad de los nitratos atmosféricos, hace que en invierno el nitrato amónico sea viable y que el nitrato se presente así principalmente en el aire ambiente; por el contrario, en verano son abundantes los nitratos sódico y cálcico (Querol et al., 2006).

El hecho diferencial de que el sodio de la sal marina de la reacción [5], que desplaza al amonio del nitrato de la reacción [3], sea preponderantemente de granulometría gruesa, motiva que la volatilización del catión amonio como NH_4Cl sea más clara en los muestreos de PM_{10} frente a tamaños menores de partícula; es decir, en el filtro de partículas gruesas, y con el agua de la humedad ambiental, se estaría produciendo con mayor intensidad la reacción (Harrison y Pio, 1983; Harrison y Kito, 1990; Querol et al., 2001a, 2001b, 2004a; Alastuey et al., 2004), es decir, por combinación de las ecuaciones [3] y [5] se obtiene:



La termodinámica química de las reacciones de las partículas cálcicas con HNO_3 indica que las partículas de CaCO_3 ven favorable el enriquecimiento en N, pero no así las de CaSO_4 (Krueger et al., 2004), lo que reafirma la mayor estabilidad de los compuestos de sulfato frente a los nitratos y lo que se ha dicho en párrafos anteriores al respecto de que aquellos se utilicen como trazadores de larga distancia y/o envejecimiento:



3. Antecedentes

e) Compuestos carbonosos.

Estos compuestos comprenden una amplia variedad de especies químicas con fuentes antrópicas y naturales que pueden ser partículas primarias o secundarias; la característica común a todos ellos es que el carbono es el compuesto mayoritario.

Los compuestos carbonosos representan del 2-5% de las emisiones globales terrestres (IPCC, 1996, 2007). Estas especies se agrupan en carbono elemental (EC *Elemental Carbon* por sus siglas en inglés) y materia orgánica (OM *Organic Matter* por sus siglas en inglés), dándose el carbono total (TC *Total Carbon* por sus siglas en inglés) como la suma de OM+EC; en estos grupos no se incluyen los carbonatos de origen crustal, que aparecen formando parte del grupo de los aerosoles minerales o crustales. Cuando OM+EC tiene un origen primario se conoce como hollín o *soot* (en inglés), pero esta definición todavía encierra cierta controversia (EPA, 1996; Pósfai y Molnár, 2000).

Para estimar la concentración de la OM se suele aplicar un factor multiplicativo sobre el carbono orgánico (OC) que suele oscilar entre 1.2-1.7 (White y Macias, 1989; Wolff et al., 1991; Eatough et al., 1996; Putaud et al., 2000; Turpin et al., 2000). Este factor tenderá a ser específico a nivel local, ya que pretende ponderar el peso de los heteroátomos en las funciones orgánicas que abundan en unas poblaciones u otras de aerosol. En cuanto a la OM supone del 10-25% de PM₁₀ y entre 11-25% de PM_{2.5} (Wolff et al., 1991), encontrándose la mayor parte en torno a 1 µm, aunque en número de partículas el 85% está por debajo de 0.1 µm.

El EC, de estructura asimilada al grafito y de granulometría predominantemente fina en torno a 0.1 µm, tiene gran capacidad de absorción de radiación (Sloane et al., 1991), por lo que se puede denominar carbono negro (BC por sus siglas del inglés *Black*

3. Antecedentes

Carbon); esta fracción es normalmente emitida de modo directo a la atmósfera por procesos de combustión incompleta (gas, carbón y/o fuel-oil), por lo que su origen es antropogénico primario. En efecto, las partículas carbonosas primarias tiene su principal fuente en los procesos de combustión. A este respecto Kim y Hopke (2003) destacan los aportes de las emisiones de vehículos diésel; sus estudios postulan en cinco veces superior las emisiones de materia carbonosa de los motores de vehículos diésel frente a los que utilizan por combustible la gasolina. Pese a ello, Watson et al. (2002) acentúan la importancia de las emisiones de los vehículos antiguos con motores a gasolina al arrancar en frío.

Precisamente, en torno al 50% del material particulado carbonoso secundario y de origen antropogénico, proviene de las transformaciones que sufren los evaporados de derivados de petróleo como las gasolinas y otras emisiones de vehículos (Watson et al., 2002), con rango de diámetro desde menos de 1 μm hasta 10 μm , pero con máximos en las modas fina y ultrafina. Por otra parte, los procesos de manipulación y producción de pinturas y disolventes también pueden ser una fuente relevante al material particulado secundario y antropogénico a nivel local (Minguillón Bengochea, 2007).

Los compuestos de carbono orgánicos pueden ser emitidos directamente a la atmósfera o aparecer como partículas por condensación de VOCs. La emisión de aerosol primario de origen natural se produce esencialmente por la vegetación, la superficie de los océanos y los suelos; pudiendo a su vez ser compuestos orgánicos como los ácidos húmicos y fúlvicos y estructuras complejas, como los granos de polen, las esporas de los hongos y los microorganismos (Blanchard y Syzdek, 1982; Artaxo et al., 1994; Campbell et al., 1999) y secundarios como los compuestos que se forman por la oxidación de gases orgánicos. Los compuestos orgánicos secundarios con origen

3. Antecedentes

natural se pueden formar desde la emisión de gases en entornos continentales (Yu et al., 1999) como isopreno (C_5H_8) y monoterpenos (como α -pineno y β -pineno) emitidos principalmente por la vegetación, o en océanos a partir de compuestos como el DMS y su posterior transformación.

3.1.1.4. Fuentes

Las fuentes naturales de material particulado son aquellas que sin intervención humana emiten partículas a la atmósfera. Opuestamente, las fuentes antrópicas son aquellas actividades humanas que emiten partículas a la atmósfera. Unas y otras pueden emitir partículas primarias o los compuestos precursores que generen partículas secundarias.

Fuentes naturales de partículas primarias son las emisiones fugitivas de los suelos, las resuspensiones de polvos de los desiertos, las aguas saladas de mares y océanos, fuentes biogénicas y las emanaciones volcánicas. Entre las fuentes de gases precursores de partículas vuelven a estar las emanaciones volcánicas de SO_2 , el DMS que se genera por la actividad biogénica marina, la evaporación de los suelos (Roelle et al., 2001; Battye et al., 2003), los rayos (Price et al., 1997a, 1997b) y las masas forestales al emitir vapores orgánicos.

La fuente antrópica más importante en las emisiones primarias urbanas es generalmente el tráfico. Las emisiones de los motores, la resuspensión y desgaste del firme de rodadura y la abrasión de neumáticos y frenos son emisiones con origen en el tráfico. Las partículas de inquemados expulsadas de los motores son mayormente *soot* o carbono negro de granulometría por debajo de $2.5\ \mu m$ y, en gran parte, incluso menores de $0.5\ \mu m$ (EPA, 1995; Jiang et al., 2005); por otro lado, las partículas generadas por el

3. Antecedentes

tráfico en procesos mecánicos son, como era de esperar (Querol Carceller, 2004), de granulometría gruesa. Además de compuestos carbonosos, Pacyna (1998) recoge emisiones de los motores de K, Pb, Br o Cl; pero también Sb, Cu, Zn, Mo, Ba, Cd, Cr, Mn y Fe se emiten de la erosión de frenos y neumáticos (Pakkanen et al., 2001; Sternbeck et al., 2002; Harrison et al., 2003; Von Uexküll et al., 2005; Wåhlin et al., 2006). Como se ha dicho en párrafos anteriores, la combustión a elevadas temperaturas en el motor posibilita la expulsión de gases de NO_x precursores de partículas de nitrato (Singh y Sloan, 2006).

Otras fuentes, como centrales eléctricas, metalurgias o el sector residencial también llevan a cabo procesos de combustión. El combustible empleado determina la granulometría y composición química de las partículas emitidas. Se puede decir que los combustibles disminuyen la cantidad y diámetro de las emisiones al ir de sólidos (como los carbones) a líquido (como el fuel-oil o coque de petróleo) y a su vez a gas (caso del gas natural). Elementos traza en la combustión de fuel-oil o coque de petróleo son Ni y V (Olmez et al., 1988). Son características en la combustión de carbones no sometidos a procesos de desulfuración las emisiones de SO₂ (precursor de sulfatos), emisiones que ocurren en centrales térmicas o refinerías.

La agricultura y ganadería son otra fuente de emisiones de material particulado. La combustión de biomasa, el arado de tierras o la aplicación de fertilizantes son tareas que aportan nuevas partículas a la atmósfera (Kieber et al., 2005; Jimenez et al., 2006; Rogge et al., 2006). Las actividades agropecuarias son relevantes en la emisión de NH₃ (European Commission, 2004) que pueden dar origen a la neutralización de gases ácidos produciendo aerosoles secundarios.

3. Antecedentes

La Tabla 3.2 recoge un resumen de las fuentes de partículas más habituales, indicando el rango de tamaño dominante.

Tabla 3.2. Abundancia de especies químicas por fuentes y su acumulación según el tamaño de partícula (fuente: modificado de Canadian Chemical Producers' Association, 2001).

Fuente	Tamaño de partícula dominante en micras	Abundancia química en porcentaje de masa			
		< 0.1%	0.1-1 %	1-10%	>10%
Polvo de vía pavimentada	2.5-10	Cr, Sr, Pb, Zr	SO ₄ ²⁻ , Na ⁺ , K ⁺ , P, S, Cl ⁻ , Mn, Ba, Ti	EC, Al, K ⁺ , Ca, Fe	OC, Si
Polvo de vía no pavimentada	2.5-10	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , P, Zn, Sr, Ba	SO ₄ ²⁻ , Na ⁺ , K ⁺ , P, S, Cl ⁻ , Mn, Ba, Ti	OC, Al, K ⁺ , Ca, Fe	Si
Construcción	2.5-10	Cr, Mn, Zn, Sr, Ba	SO ₄ ²⁻ , K ⁺ , S, Ti	OC, Al, K ⁺ , Ca, Fe	Si
Suelo agrícola	2.5-10	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Cr, Zn, Sr	SO ₄ ²⁻ , Na ⁺ , K ⁺ , S, Cl ⁻ , Mn, Ba, Ti	OC, Al, K ⁺ , Ca, Fe	Si
Suelo natural	2.5-10	Cr, Mn, Sr, Zn, Ba	Cl ⁻ , Na ⁺ , EC, P, S, Ti	OC, Al, Mg, K, Ca, Fe	Si
Lecho lacustre	2.5-10	Mn, Sr, Ba	K ⁺ , Ti	SO ₄ ²⁻ , Na ⁺ , OC, Al, S, Cl ⁻ , K ⁺ , Ca, Fe	Si
Motor de vehículo	<2.5	Cr, Ni, Y	NH ₄ ⁺ , Si, Cl ⁻ , Al, P, Ca, Mn, Fe, Zn, Br, Pb	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , S	OC, EC
Combustión vegetal	<2.5	Ca, Mn, Fe, Zn, Br, Rb, Pb	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , S	Cl ⁻ , K ⁺	OC, EC
Combustión de petróleos pesados	<2.5	K ⁺ , OC, Cl ⁻ , Ti, Cr, Co, Ga, Se	NH ₄ ⁺ , Na ⁺ , Zn, Fe, Si	V, OC, EC, Ni	S, SO ₄ ²⁻
Incineradora	<2.5	V, Mn, Cu, Ag, Sn	K ⁺ , Al, Ti, Zn, Hg	NO ₃ ⁻ , Na ⁺ , EC, Si, S, Ca, Fe, Br, La, Pb	SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺ , OC, Cl ⁻

3. Antecedentes

Central térmica de carbón	<2.5	Cl ⁻ , Cr, Mn, Ga, As, Se, Br, Rb, Zr	NH ₄ ⁺ , P, K, Ti, V, Ni, Zn, Sr, Ba, Pb	SO ₄ ²⁻ , OC, EC, Al, S, Ca, Fe	Si
Central térmica de petróleo	<2.5	V, Ni, Se, As, Br, Ba	Al, Si, P, K ⁺ , Zn	NH ₄ ⁺ , OC, EC, Na ⁺ , Ca, Pb	S, SO ₄ ²⁻
Fundición metalúrgica	<2.5	V, Mn, Sb, Cr, Ti	Cd, Zn, Mg, Na ⁺ , Ca, K ⁺ , Se	Fe, Cu, As, Pb	S
Marino	<2.5 y 2.5-10	Ti, V, Ni, Sr, Zr, Pd, Ag, Sn, Sb, Pb	Al, Si, K ⁺ , Ca, Fe, Cu, Zn, Ba, La	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , OC, EC	Cl ⁻ , Na ⁺

3.1.1.5. Medida del material particulado atmosférico en suspensión

La información dada sobre niveles de partículas en suspensión requiere de equipos de muestreo activos que controlen los caudales de aire, de esta manera la cuantificación es volumétrica, expresándose la propiedades del material particulado por unidad de volumen, habitualmente el m³.

El parámetro que la legislación vigente (Directiva 2008/50/CE y Real Decreto 1073/2002) establece para control rutinario es la concentración en masa. Como se ha indicado en los párrafos precedentes, las partículas se segmentan por tamaños; por tanto, la concentración en masa se da para un determinado rango de partículas por unidad de volumen. Por ejemplo, se estaría hablando de µgTSP/m³ en el caso de partículas totales en suspensión. Este parámetro de masa por unidad de volumen se puede utilizar para cualquiera que sea el tamaño nominal de la partícula.

A su vez, dentro de la masa total por unidad de volumen, se puede aplicar una segregación química. Con ello se daría igualmente la concentración en masa por unidad de volumen especificando el analito en aire ambiente, para un tamaño de aerosol. Así

3. Antecedentes

pues se podría hablar de μg de Pb por m^3 en la fracción PM_{10} o de μg de SO_4^{2-} en la fracción $\text{PM}_{2.5}$.

Otra manera habitual de ofrecer la concentración de partículas en aire ambiente es como el número de ellas por unidad de volumen de aire (WHO, 2006). Así por ejemplo, se podrían expresar como número de partículas de la fracción $\text{PM}_{2.5}$ por m^3 .

La concentración en masa y número de partículas por unidad de volumen no son equivalentes, pues aportan información que es complementaria (Pey Betrán, 2007). Por lo que se opta por uno u otro parámetro según el propósito de estudio.

3.1.2. Efectos de los aerosoles presentes en la atmósfera

La presencia de aerosoles atmosféricos es un hecho que se podría denominar “constitutivo” de la atmósfera. Cualquier definición de atmósfera indicará que está formada por: aire seco, agua en cualquiera de los tres estados y materia particulada. La presencia de esta materia particulada acarrea determinadas consecuencias, alguna de las cuales se consideran negativas. Los efectos más destacados de la presencia de materia particulada en la atmósfera se presentan a continuación.

3.1.2.1. Efectos sobre la salud

Los estudios epidemiológicos de las perniciosas consecuencias del material particulado atmosférico sobre la salud son numerosísimos (Sun et al., 2005; Gutiérrez-Castillo et al., 2006; Yeatts et al., 2007; Middleton et al., 2008). Tradicionalmente, y quizá por ser las partículas aerovagantes, la mayor atención sanitaria en cuanto a la

3. Antecedentes

entrada al organismo del material particulado ha estado en la vía respiratoria, pero se pueden describir tres vías (Vergara Juárez, 2005):

a) Vía digestiva. Se puede ingerir polvo que se haya depositado previamente sobre la piel. La deglución de expectoraciones puede incorporar partículas al tracto digestivo. Indirectamente, sobre los vegetales pueden hallarse partículas que se incorporen a las redes tróficas.

b) Vía dérmica. Por deposición directa de las partículas sobre la piel y la posibilidad de un efecto local o sistémico.

c) Vía respiratoria. Para las partículas que se inhalan por la nariz, disminuye la probabilidad de penetrar en el tracto respiratorio, a medida que aumenta el tamaño de partícula. Por tanto, a mayor tamaño de partícula, mayor es la posibilidad de que las partículas sean retenidas en las vías respiratorias superiores.

El efecto de la inhalación de partículas es dependiente de: las propiedades de la partícula (como tamaño y composición química); velocidad y dirección del aire; ritmo de la respiración y si esta ocurre por la nariz o boca; el tiempo de exposición a una concentración determinada y la susceptibilidad del individuo.

Existen dos tamaños que en ocasiones se asocian abusivamente a la penetrabilidad de las partículas en el aparato respiratorio: por un lado la fracción torácica con PM_{10} y la fracción alveolar con $PM_{2.5}$. A principios de la década de los noventa del siglo XX se alcanzó un consenso sobre la penetración de las partículas en el sistema respiratorio por parte de ISO (Organización Internacional para la Estandarización), ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Gubernamentales Industriales) y CEN (Comité Europeo de Normalización). Como resultado del acuerdo (Maynard y Jensen, 2001), la penetración queda definida como una función del diámetro aerodinámico equivalente de

3. Antecedentes

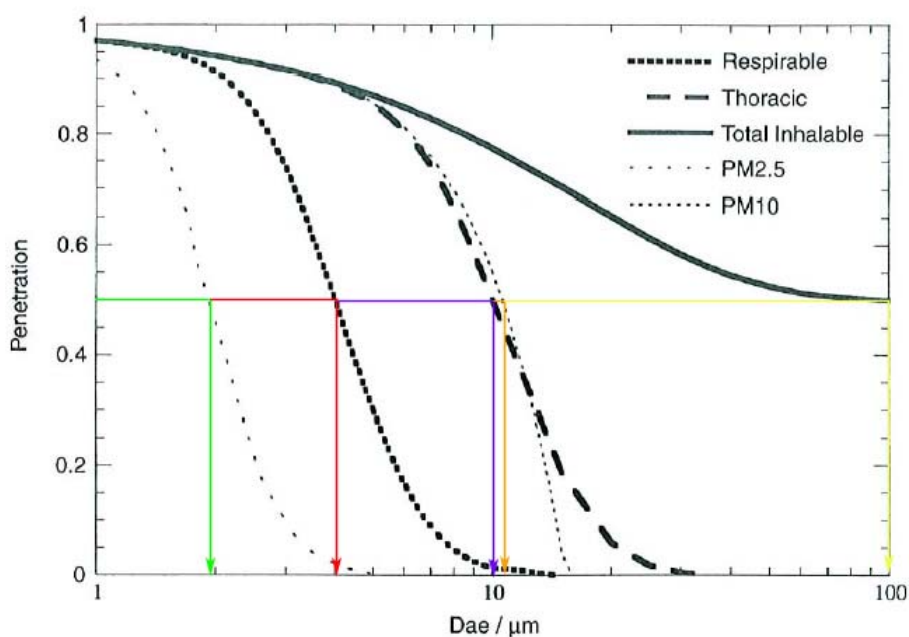
la partícula: para el conjunto del sistema/aparato respiratorio se tiene el “aerosol inhalable”, para la región traqueobronquial se tiene el “aerosol torácico” y para la región alveolar se tiene el “aerosol respirable”; donde los aerosoles torácico y respirable son subgrupos del aerosol inhalable. Como se puede ver en la Figura 3.2, para el aerosol torácico la penetración acumulada en función del diámetro aerodinámico equivalente de las partículas prácticamente coincide con el PM_{10} (que, por definición es la mediana de la curva de frecuencia acumulada de la penetración de las partículas en función de su diámetro aerodinámico equivalente); así, en teoría, cuando se muestrea la fracción PM_{10} se recogen el 50% de la masa de las partículas torácicas. Más difícil resulta comprender la asociación entre la fracción $PM_{2.5}$ y el aerosol respirable, a la vista de las curvas de penetrabilidad en función del tamaño de las partículas, para las que la mediana del aerosol respirable se sitúa en $4\text{ }\mu\text{m}$, mientras que el criterio $PM_{2.5}$ la sitúa en $2.5\text{ }\mu\text{m}$. De estas gráficas también se desprende que hay posibilidad de que partículas de hasta $15\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico equivalente puedan alcanzar la región alveolar, con lo que granos de polen podrían alcanzar los alveolos y desencadenar una reacción alérgica en su caso.

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2006) un incremento de $10\text{ }\mu\text{g}PM_{10}/\text{m}^3$ se asocia con un aumento de la mortalidad del 1.05%. Los estudios epidemiológicos son tendentes a mostrar el mayor perjuicio de las partículas finas y ultrafinas en comparación con las gruesas (Dockery et al., 1993; Schwartz et al., 1996; Brook et al., 2002; Pope et al., 2002). Pese a ello, el impacto similar de las gruesas y finas y ultrafinas en la mortalidad se sigue manifestando (Brunekreef y Forsberg, 2005), por lo que no se pueden descartar los efectos adversos de las gruesas (Pekkanen et al., 1997; Künzli et al., 2000). Según Brunekreef y Forsberg (2005) las partículas finas y

3. Antecedentes

ultrafinas se relacionan con enfermedades cardiovasculares, mientras que las partículas gruesas afectan especialmente al sistema respiratorio provocando insuficiencia respiratoria y obstrucción pulmonar. Sin embargo, Dick et al.(2003), Pozzi et al. (2003) y Becker et al. (2003) también habían visto inflamación pulmonar motivada por la fracción fina.

Figura 3.2. Convenciones internacionales para el muestreo en el lugar de trabajo de los aerosoles respirable, torácico e inhalable (Norma ISO 7708:1995) y de las definiciones de PM₁₀ y PM_{2.5} con indicación de la fracción de penetración que representan, las flechas indican en micras los diámetros aerodinámicos equivalentes (Dae) de partícula correspondientes para una penetración (Penetration) del 50% (fuente: modificado de Maynard y Jensen, 2001).



En términos toxicológicos, las partículas son xenobióticos cuyas curvas de dosis respuesta se pueden estudiar en exposiciones agudas o crónicas y por su composición química (Sun et al., 2005; Künzli et al., 2006).

3. Antecedentes

3.1.2.2. Efectos sobre el clima

Los efectos que sobre el balance radiativo terrestre tienen las partículas se clasifican como directos, indirectos y semidirectos.

a) Efecto directo.

Los aerosoles dispersan y absorben radiación electromagnética en función de su tamaño y composición química. Los sulfatos atmosféricos se caracterizan por su tamaño reducido (menor de 1 μm) que provoca una dispersión importante de la radiación ultravioleta incidente, mientras que apenas afecta a la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre (Arimoto, 2001). Por tanto, los sulfatos provocan un enfriamiento. Ya que los nitratos suelen tener un tamaño similar, estarían provocando el mismo efecto que los sulfatos. Ahora bien, en los casos en que aparecen estos compuestos no asociados a NH_4^+ sino a cationes como Na^+ y Ca^{2+} por las reacciones que se han descrito en líneas superiores, la granulometría de estos compuestos es distinta y el efecto de las sales también (Molnár y Mészáros, 2001). Ya que el NH_4NO_3 es termodinámicamente más inestable que el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, la influencia de los sulfatos es superior a la de los nitratos (Mészáros et al., 1998).

Las partículas de carbono elemental absorben radiación emitida por la superficie terrestre, por lo tanto motivan un calentamiento.

Las partículas minerales actúan de manera variable por su amplio rango granulométrico e incluso por el tipo de superficie de la zona donde se encuentren: una masa de partículas sobre el océano provoca un enfriamiento, pues disminuye la radiación incidente; mientras que en regiones áridas, al predominar la absorción de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre, estas partículas estarían provocando calentamiento (Arimoto, 2001). En términos generales provocan un forzamiento

3. Antecedentes

positivo ya que la absorción y retrodispersión de la radiación emitida por la superficie terrestre es mayor que la dispersión de la radiación incidente (Carlson y Benjamin, 1980; Penner et al., 1994; Sokolik y Toon, 1996).

La higroscopicidad de una partícula provoca un aumento de volumen al incrementarse la humedad relativa (Ebert et al., 2002), lo que en definitiva varía las propiedades ópticas.

b) Efecto indirecto.

Está motivado por la capacidad de los aerosoles para formar nubes, las cuales aumentan la reflexión de la radiación solar motivando un forzamiento radiativo negativo. Los aerosoles hidrófilos, o en parte hidrófilos, activan la formación de nubes al actuar como núcleos de condensación para la formación de nubes (CCN), ya que la sobresaturación de nubes en sí misma no es suficiente para iniciar la nucleación homogénea (Mészáros, 1999; IPCC, 2007). Los sulfatos, nitratos y aerosol marino son las partículas más frecuentes como CCN (Hudson y Da, 1996). También se ha observado que compuestos orgánicos, en principio hidrófobos, pueden actuar como CCN (Novakov y Pender, 1993; Rivera-Carpio et al., 1996), si bien esto pudiera ser debido a la mezcla con especies inorgánicas que alteran las propiedades de las primeras (Van Dinh et al., 1994).

De esta manera la lluvia es un meteoro intrínsecamente ligado a las partículas y que es particular del clima de un lugar. Las propiedades físico-químicas de las partículas van a determinar la estructura de la nube y ello tiene por consecuencia la predisposición a desencadenar la precipitación según las condiciones ambientales; por tanto, las partículas desempeñan un papel fundamental en el ciclo del agua (Seinfeld y Pandis, 1998). Además las nubes también pueden ser fuente de partículas en las

3. Antecedentes

transformaciones gas-partícula (Wurzler et al., 2000). Esto puede ocurrir en caso de evaporación, quedando, por tanto, suspendidos los solutos en la atmósfera. Por último, cuando se produce precipitación las partículas que formaban la nube se lavan de la atmósfera en lo que se denomina como eliminación dentro de la nube, *in-cloud scavenging*; pero las partículas que se lavan de la atmósfera sin haber formado parte de las nubes se eliminan por la denominada eliminación por debajo de la nube, *below-cloud scavenging*.

c) Efecto semidirecto.

El efecto semidirecto es propio de los aerosoles de carbono elemental que, al aumentar la absorción de radiación infrarroja de la superficie terrestre y por tanto calentar (efecto directo), cuando se encuentran a suficiente altura pueden disminuir la condensación de vapor de agua sobre los CCN y dificultar la formación de las nubes.

3.1.2.3. Efectos sobre los ecosistemas

Las consecuencias de la deposición de partículas en los ecosistemas alcanzan a los seres vivos, los suelos o las aguas dulces.

Cuando aparecen sobre una planta partículas, estas pueden inducir la obstrucción de los estomas, el incremento de la temperatura foliar y la reducción de la fotosíntesis (Wark y Warner, 1990). Por su composición química, las partículas pueden mostrarse más o menos agresivas según la capacidad de penetración en la epidermis y la tolerancia de la planta. El resultado de esta situación es la disminución del crecimiento de la planta y en su caso la muerte. A nivel de comunidad vegetal la biodiversidad se reducirá al desaparecer las especies más sensibles.

3. Antecedentes

Los suelos son receptores de nutrientes, tales pueden ser los aerosoles volcánicos (Peters, 1973); pero el exceso puede llevar a la eutrofización. Por su parte, los metales pesados depositados pueden inhibir procesos edáficos y la absorción de nutrientes en la raíz (Chernenkova y Kuperman, 1999). La lluvia ácida puede provocar la acidificación de suelos (Horvath, 1992; Manson, 1992).

Cuando altas concentraciones de partículas con nitratos se depositan sobre las aguas dulces superficiales, estas últimas se pueden eutrofizar, posibilitando que se altere la composición de los acuíferos por la permeabilidad del terreno.

3.1.2.4. Efectos sobre otros intereses civiles

La dispersión de la radiación en el espectro visible por las moléculas de aire resulta en una visibilidad media de 337 km (Horvath, 1992). En un entorno urbano la visibilidad está entre 10-100 km, reducción que se relaciona con la presencia de partículas procedentes de las emisiones urbanas (WHO, 2002). Sin embargo, la reducción de la visibilidad es más impactante cuando se produce de manera brusca e intensa (Pey Betrán, 2007). Este es el caso del polvo del desierto (Kim et al., 2001) o los transportes masivos de partículas a gran distancia como son las recurrentes calimas sobre Canarias (Viana Rodríguez, 2003). Los incendios forestales o las propias nieblas también reducen la visibilidad, lo que dificulta el funcionamiento de los transportes.

Las partículas causan pérdidas económicas por el deterioro que provocan sobre las construcciones o recubrimientos. Cuando las partículas se depositan sobre los monumentos los ensucian, lo que puede requerir tareas de restauración. No sólo intervienen contaminantes que se encuentren como partículas, es un proceso en el que gases como SO₂ y NO_x también forman parte (Massey, 1999; Spadaro y Rabl, 2001;

3. Antecedentes

Sanjurjo Sánchez et al., 2009). La reacción de especies ácidas con materiales pétreos los deteriora (Butlin et al., 1995), situación que se da cuando el SO_2 reacciona en medio acido (presencia de humedad en el aire ambiente) con el CaCO_3 para formar costras de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Estas costras se denominan “costras negras” (Corvo et al., 2010) y con ellas aparecen otras partículas carbonosas y metálicas.

3.2. Zona de estudio y contexto

A lo largo de la historia, la división político-administrativa del sudeste español ha visto cambios de diferente acierto (González Ortiz, 1980). La actual Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, provincia donde se realizan los estudios de esta tesis, se extiende por un territorio de 11313 km^2 con 1392117 habitantes empadronados a 1 de enero de 2007 (INE, 2008). La Comunidad Autónoma comprende 44 municipios que se distribuyen en las siguientes comarcas (Figura 3.3):

a) El Altiplano. La comarca más septentrional de la Región de Murcia. Limita al este con el Alto Vinalopó y el Vinalopó Medio (en la provincia de Alicante); al sur con la comarca Oriental y la Vega Alta del Segura (en la Región de Murcia); y al norte y al oeste, con la provincia de Albacete. Está constituida por los municipios de Yecla y Jumilla. Está formada por anchos valles por los que atraviesa una red de ramblas. Destaca por su vitivinicultura.

b) El Alto Guadalentín. Debe su nombre al estar en la parte alta del río Guadalentín, anteriormente denominada Comarca de Lorca, incluyendo Mazarrón. La comarca abarca un total de 2068 km^2 , un territorio muy extenso en el oeste de la provincia de Murcia. Aquí conviven pueblos, paisajes de costa e interior, llanos y montañas, huertas y eriales, bosques y laderas yermas. Actualmente, esta comarca tiene un serio problema

3. Antecedentes

de desertificación. Está constituida por los municipios de Águilas, Lorca y Puerto Lumbreras.

c) El Bajo Guadalentín. Debe su nombre al estar en la parte baja del río Guadalentín. Lo componen los municipios de Aledo, Alhama de Murcia, Librilla, Mazarrón y Totana.

d) El Campo de Cartagena-Mar Menor. Es la comarca del sureste de la Península Ibérica que tiene a Cartagena como su principal ciudad. Ocupa una extensión de 2239 km² y está formada por los municipios de Cartagena, Torre Pacheco, San Pedro del Pinatar, San Javier, La Unión, Los Alcázares, Fuente Álamo y, por último, algunas pedanías de Murcia y Mazarrón. Limita al este con la Comunidad Valenciana, al norte con Murcia, al oeste con la comarca del Bajo Guadalentín y al sur con el Mar Mediterráneo.

e) La Huerta de Murcia. Comprende las tierras que se riegan con el agua del río Segura y sus filtraciones desde la presa llamada Contraparada hasta el límite de la provincia de Murcia con Alicante. Constituye en sí misma una comarca, cuya capital es la ciudad de Murcia. El extenso valle integra los municipios de Murcia, Alcantarilla, Beniel y Santomera, subdividiéndose todo el territorio en seis áreas: Contraparada, Costera Norte, La Huerta Baja, Cordillera Sur, Carrascoy y La Ciudad. Las principales poblaciones, además de la capital, son: Alcantarilla, Cabezo de Torres, Santomera, Beniaján y El Palmar.

f) La Comarca del Noroeste. Tiene una extensión de 2379 km². Limita con las provincias de Albacete, Granada y Almería. Está formada por los municipios de Bullas, Calasparra, Caravaca de la Cruz, Cehegín y Moratalla. El conjunto ocupa un espacio montañoso en el que se integran las cuencas de los ríos Quípar, Argos, Alhárabe (y su

3. Antecedentes

afluente, el arroyo de Benamor) y Mula, como también parte del valle del río Segura. La comarca se caracteriza por una relativa abundancia de agua, por sus cultivos agrarios de tipo extensivo y por sus paisajes forestales (bosques de galería, pinares de pino blanco, sabinars y encinars).

g) La Comarca del río Mula o Cuenca del río Mula. Formada por los municipios de Albudeite, Mula, Campos del Río y Pliego. Está situada en el centro de la provincia, por lo que linda con todas las comarcas, salvo las del Altiplano, Oriental y Campo de Cartagena-Mar Menor.

h) La Comarca Oriental está formada por los municipios de Fortuna y Abanilla. Limita al este con la Vega Baja del Segura (provincia de Alicante), al norte con el Altiplano, al oeste con la Vega Media del Segura y al sur con la Huerta de Murcia. Tiene una extensión de 385 km².

i) La Comarca del Valle de Ricote. También conocido como el Valle Morisco, está situada al norte de la provincia y en la cuenca media del río Segura, engloba los municipios de Ojós, Ricote, Ulea y Villanueva del Río Segura.

j) La Vega Alta del Segura tiene por núcleo principal a Cieza. Está integrada por los municipios de Abarán, Blanca y Cieza. Se sitúa al norte del Valle de Ricote y al sur del Altiplano. Su actividad principal es la agricultura de regadío.

k) La Vega Media del Segura. Se sitúa entre el Valle de Ricote y la Huerta de Murcia. Su principal núcleo de población es Molina de Segura y se dedica fundamentalmente a la agricultura de regadío (cítricos y hortalizas), además de la industria conservera que de esta deriva. Está formada por los municipios de Molina de Segura, Archena, Ceutí, Lorquí, Alguazas y Las Torres de Cotillas.

3. Antecedentes

3.2.1. Introducción geológica

3.2.1.1. La Provincia de Murcia

El territorio de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia muestra una clara alternancia entre sierras y depresiones (Navarro Hervás, 1980). De la extensión de la provincia de Murcia, el 23% se encuentra a una altitud inferior a los 200 m, el 44.7% entre los 200-600 m y el 32.3% restante por encima de los 600 m.

Tiene 250 km de costa, de los que 73 km se hallan en el Mar Menor. El litoral es arenoso y bajo desde el límite con la provincia de Alicante a Cabo de Palos; desde Cabo de Palos a Punta de la Azohía acantilados jalonan el paisaje, abriendo una bahía en Cartagena; desde la Azohía al límite de la provincia con Almería en la costa se alternan playas, calas, ensenadas y acantilados altos y medios.

Como se puede ver en la Figura 3.3a, las alineaciones montañosas de la provincia (como Sierra Espuña, el Gigante, Mojantes, Ponce o Carrascoy) se alinean frecuentemente por encima de los 1000 m con orientación SO-NE, cuyas pendientes alcanzan hasta el 30%. Los altiplanos de morfología suave y alomada, con pendientes inferiores al 7%, son elementos de transición hacia la meseta. Estas dos unidades topográficas constituyen casi un tercio del territorio de la provincia.

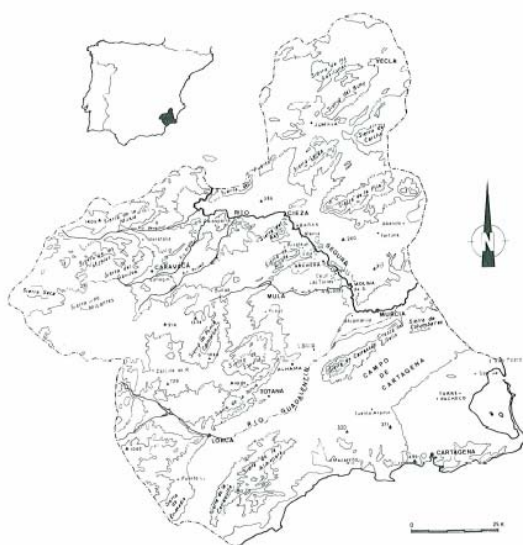
Los valles, cubetas y depresiones se encuentran en las alineaciones montañosas y están regados por los valles del río Segura y sus afluentes (Benamor, Quípar, Argos, Mula y Guadalentín) y cubetas como las de Cieza, Fortuna o Mula que, con pendientes en torno al 5%, ocupan el 44.7% de la extensión de la provincia.

3. Antecedentes

Por debajo de los 200 m, sumando el 23% del territorio, se presentan las depresiones del Campo de Cartagena, Mazarrón y la orla costera litoral o los propios cursos del Segura y sus afluentes. Donde el desnivel no alcanza el 5%.

Figura 3.3. Mapas de la Región de Murcia (fuentes: Navarro Hervás, 1980 y Escuela de Hostelería de las Islas Baleares, 2010).

a) Mapa topográfico de la Región de Murcia.



b) Comarcas de la Región de Murcia.



3. Antecedentes

El conjunto de estas unidades topográficas se articula en torno al eje fluvial principal del río Segura y al secundario de su afluente, el río Guadalentín.

La geología de la provincia de Murcia se deriva de su ubicación en el extremo oriental del conjunto geoestructural de las cordilleras Béticas, geosinclinal plegado y elevado en la orogenia alpina en el terciario. Navarro Hervás (1980) diferencia de sur a norte en la provincia las siguientes zonas (Figura 3.4):

a) Bética *stricto sensu*. Ocupa el sector meridional de la provincia, teniendo como límite septentrional los relieves situados al norte del río Guadalentín. En ella afloran terrenos primarios o anteriores, de rocas metamórficas, y secundarios, del Triásico, salvo en el Complejo Maláguide. Pertenecen a este sector las sierras de Espuña, Carrascoy, Cresta del Gallo, Almenara, Algarrobo, Mazarrón y Cartagena. Se caracteriza por superposición de mantos de corrimiento con pliegues de gran radio y fracturas de gran salto. Se pueden distinguir dentro de ella tres unidades o complejos:

Complejo Nevado-Filábride: constituido por rocas metamórficas, intensamente deformadas.

Complejo Alpujárride: constituido por micaesquistos del paleozoico inferior y una potente formación de calizas y dolomías del Trías medio y superior, junto a rocas volcánicas básicas.

Complejo Maláguide: constituido por terrenos paleozoicos, apenas metamorfizados, de calizas, areniscas, y dolomías triásicas, sectores de calizas jurásicas y cretácicas de escasa potencia.

b) Subbética. Ocupa el sector central de la provincia. No afloran materiales primarios o anteriores, los del secundario comprenden una serie estratigráfica desde el

3. Antecedentes

comienzo del Lías. El Trías es muy semejante al de la Prebética, pero con mayor abundancia de margas y arcillas que denotan régimen sedimentario de aguas someras. Del Jurásico y Cretácico predominan las margas, margocalizas y calizas de facies marina pelágica. No aparecen rocas metamórficas y las volcánicas son ofitas del Trías. Las sierras del Gigante, Pedro Ponce o Cambrón, Ricote, la Pila y Quibas pertenecen a este dominio. Su estructura tectónica es complicada al ser un sector corrido hacia el norte y oeste que cabalga sobre la parte interna de la Prebética.

Figura 3.4. Zonas geológicas de la provincia de Murcia (fuente: Navarro Hervás, 1980).



c) Prebética. Formada por materiales autóctonos. La cobertera sedimentaria abarca materiales secundarios y del terciario. Las facies son continentales y marinas de aguas someras: calizas, dolomías, margas y areniscas son las rocas dominantes. Las rocas

3. Antecedentes

volcánicas que aparecen corresponden fundamentalmente a manifestaciones volcánicas postorogénicas desligadas de evolución de ningún geosinclinal. Las sierras de Seca, Taibilla, Cabras, Puerto, Picacho, Molar, Jumilla, Buey, Larga, Santa Ana, Carche y Serral pertenecen a este dominio. La estructura tectónica es de tipo jurásico con pliegues amplios y laxos anticlinales y sinclinales simétricos, donde las rocas evaporíticas (yeso) han jugado un papel importante.

Entre estos sectores aparecen un conjunto de cuencas de sedimentación continentales y marinas de materiales postorogénicos donde aparecen accidentadas fallas. Las litologías son margas, arcillas, evaporitas, areniscas y conglomerados. Las representaciones más destacables aparecen en las cuencas de Cieza, Mula o Fortuna.

Materiales miocenos pueden dar origen a pequeñas elevaciones topográficas como en los relieves situados al norte de Cartagena, norte del Guadalentín, o las sierras de Villares, Columbares, Escalona, del Cura y de la Muela.

Materiales cuaternarios como limos, arenas, arcillas y gravas del desmantelamiento de relieves circundantes rellenan glaciares y depósitos fluviales como ocurre en el Campo de Cartagena, Lorca o el Altiplano.

Debido a la escasa pluviosidad de la provincia de Murcia, los factores de edafogénesis que definen predominantemente sus suelos son la litología y la topografía (Romero, 1980a). A grandes rasgos, basándose en la clasificación de Kubiena (Romero, 1980a) la región se puede dividir por sus suelos dominantes en:

a) El sur. Suelos esteparios, pardocalizos, bastante profundos, propios del Campo de Cartagena.

3. Antecedentes

b) El suroeste. En la zona Bética *stricto sensu*, las tierras pardas silíceas de los sectores de Águilas y Puerto Lumbreras.

c) El noroeste y oeste. Litosuelos calizos de la zona Subbética y suelos superficiales sobre los mismos, de los términos de Caravaca y Moratalla.

d) El norte. Los valles coluviales de suelos calizos y costras, situados entre montañas calizas, en Jumilla y Yecla.

e) El centro de la región. Es el área más heterogénea e irregular, donde se encuentran los principales suelos de vega, también suelos esteparios, semidesérticos grises (serosem) y yesosos del Keuper.

f) Los suelos salinos, calizos, forman pequeñas áreas en el Valle del Guadalentín: zonas de Alhama-Totana y de Puerto Lumbreras. Otras áreas salinas menos extensas aparecen en el Campo de Cartagena, Lorquí, Archena y Blanca.

3.2.1.2. Cartagena

La ciudad de Cartagena es la cabecera de su comarca “el Campo de Cartagena”, el cual descende desde los 200 metros casi imperceptiblemente hacia el Mar Menor constituyendo un glacis. Está recubierto en toda su extensión por materiales cuaternarios asentados sobre un basamento bético muy fallado. Este subsuelo ha provocado que durante las eras terciaria y cuaternaria se hayan sedimentado en los fondos menos profundos litologías como calcarenitas o calizas, frente a las margas en los más profundos. Topográficamente se presenta una gran monotonía apenas interrumpida por escasas elevaciones y un micro-relieve originado por las ramblas en las épocas más lluviosas.

3. Antecedentes

En la ciudad, la situación de las sierras al borde del mar impide que existan ramblas de mucha longitud; se puede citar la Rambla de Canteras que es afluente de la Rambla de Benipila.

La ciudad está al sur del Campo de Cartagena, incrustada en La Cordillera Costera, que es la continuación más meridional de la Unidad Bética de la Sierra de la Almenara. Está formada por una serie de pequeñas elevaciones interrumpidas por accidentes transversales:

Entre el Cabo Tiñoso y la ciudad de Cartagena se extiende la sierra de La Muela, que supera en algunos puntos los 500 m, y en la que las capas dolomíticas constituyen su escape hacia el sur.

El puerto de la ciudad está flanqueado por la Sierra de Pelayo al Oeste y la Sierra Gorda al este, que forman las cabezas de Galeras y San Julián, respectivamente, y que dominan la bocana del puerto.

Una derivación, al sur de la rambla de Escombreras, forma la Sierra de la Fausilla. Más al este la alineación culmina en el cerro del Santi Spiritu (413 m), para descender y acabar sumergida en el mar a la altura de Cabo de Palos. La estructura de esta cordillera es compleja: está muy afectada por fallas y cabalgamientos, configurando una costa irregular, de múltiples escotaduras, cabos y puntas que se adentran en el Mediterráneo.

La Sierra de Cartagena-La Unión agrupa a las unidades geológicas desde Cartagena a Cabo de Palos. La mineralización de la Sierra de Cartagena aparece como diseminaciones distribuidas por toda la columna estratigráfica desde el zócalo Nevado-Filábride hasta las vulcanitas tarditerciarias (Fernández Gutiérrez, 1986). Aparecen distintas paragénesis tanto en la zona no oxidada como en la oxidada (Oen et al., 1975; Kager, 1980). Fernández Gutiérrez (1986) destaca los siguientes minerales:

3. Antecedentes

a) En la zona no oxidada. Minerales comunes son: siderita (FeCO_3), sílice (SiO_2) en varios polimorfos, magnetita (Fe_3O_4), minerales del grupo de la arcilla, caolín o talco. Minerales metálicos a destacar: galena (PbS) argentífera, blenda (ZnS), piritita (FeS_2) y su dimorfo marcasita (FeS_2), pirrotina (FeS), mispíquel (FeAsS) y calcopirita ($\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{S}$). Minerales menos comunes, como: grenalita ($\text{Fe}_9^{\text{II}}\text{Fe}_2^{\text{III}}(\text{SiO}_4\text{O}_{11})_2(\text{H}_2\text{O})_2$), bertrandita ($\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$), greenockita (CdS) y su dimorfo hawleyita, indio, estibina (Sb_2S_3) y cinabrio (HgS).

b) En la montera de óxidos. Minerales de interés económico sobre los que renació la minería en el siglo XIX como “explotaciones en carbonatos”: casiterita (SnO_2), cerusita (PbCO_3), anglesita (PbSO_4), beudantita ($\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$), hinsdalita ($\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$) y ocasionalmente galena argentífera de removilización (PbS). Otros minerales de interés económico: hematites (Fe_2O_3), gohetita ($\text{FeO}(\text{OH})$), mendocita ($\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_{12}$), kalinita ($\text{KAl}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_{12}$) y pirolusita (MnO_2). Minerales abundantes con menor interés económico: anatasa (TiO_2) y su dimorfo rutilo, caolín ($\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$), escoradita ($\text{Fe}(\text{AsO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$), farmacolita ($\text{CaH}(\text{AsO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$), natroalunita ($\text{NaAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), natrojarosita ($\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), melanterita ($\text{Fe}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_7$), golslarita ($\text{Zn}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_7$), yeso ($\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$), celestina (SrSO_4), barita (BaSO_4), anhidrita (CaSO_4), malaquita ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$), minerales de la arcilla como vermiculita, metahalloysita y dickita ($\text{Al}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$), y minerales del grupo del cuarzo (SiO_2).

En cuanto a los suelos de Cartagena, tienen un régimen de humedad arídico y un régimen de temperatura térmico según la clasificación americana de suelos (Ortiz Silla, 1986). Los procesos de edafogénesis que este autor describe en los suelos de Cartagena son: la humificación, la descarbonatación, la formación de costras calizas, la

3. Antecedentes

rubefacción, la ilimerización y la salinización. Consecuencia de ellos, aparecen suelos pertenecientes a los órdenes entisoles, aridisoles y mollisoles.

3.2.2. Climatología

3.2.2.1. La Provincia de Murcia

El clima de la provincia es mediterráneo con rasgos semiáridos, pero de marcados contrastes en la provincia (Romero, 1980b). Entre los factores de diversificación están la altitud y la proximidad al mar. La ubicación muy meridional de Murcia en la circulación del oeste hace que los frentes y grupos de borrascas alcancen muy difícilmente su posición; por otro lado la comunidad autónoma pertenece a la cuenca del Mediterráneo occidental. Por tanto, la dinámica climática de la Región de Murcia se caracteriza por (Romero, 1980b):

a) Borrascas del suroeste predominantes en otoño e invierno, con vientos atlánticos originalmente húmedos; aunque dicha humedad no libera precipitaciones en Murcia si las masas de aire no son muy potentes, pues deben atravesar las orlas montañosas del noroeste peninsular y continuar su recorrido por la meseta.

b) Bajas presiones mediterráneas, de naturaleza borrasca, con viento del noreste que pueden provocar lluvias torrenciales de corta duración.

c) Vientos cálidos y secos del sureste, de procedencia norteafricana, que desecan la atmósfera (López Bermúdez, 1968).

Por lo general, las precipitaciones anuales son inferiores a 350 mm. Los máximos se registran en el noroeste (630 mm en Revolcadores) y los mínimos en el suroeste (200 mm en Águilas). El régimen pluviométrico es de acentuadas y largas sequías estivales

3. Antecedentes

mediterráneas, inviernos relativamente húmedos y máximos equinocciales (representando el 60 ó 70% de la precipitación anual), particularmente en otoño, cuando pueden desplomarse gotas frías. El promedio de días que llueve al año ronda los 30. Otro rasgo típicamente mediterráneo es la irregularidad interanual de sus precipitaciones, que se puede estimar entre el 25-37% (Romero, 1980b).

Las temperaturas son típicas de un clima cálido. Los valores de temperatura media en distintos puntos de la región oscilan entre 12° y 19° C. Salvaguardando los mínimos de temperaturas de las montañas, aparece una franja de suroeste a noreste con máximos de 18° C, cuyo gradiente es descendiente a ambos lados, hasta los 12° C en el noroeste. Sin embargo, en Águilas se alcanzan 19° C. La temperatura media mensual de las mínimas presentan el valor más bajo en enero y el más alto en julio o agosto. La temperatura media mensual de las máximas resulta más baja en enero o diciembre y más alta en julio o agosto.

Las heladas son infrecuentes en la costa, pero no así en el sector central, norte y occidente. Los días con temperatura menor o igual a 0° C pueden alcanzar los 35.2 en Yecla, 45.8 en Calasparra o los 80.0 en Rogativa (al noroeste), concentrándose estas jornadas en los meses de diciembre, enero y febrero, pero que pueden ocurrir de octubre a pasado abril.

El rasgo climático que mejor define a la región es su marcada aridez. En la provincia, salvo un pequeño sector subhúmedo al noroeste, el resto se clasifica como semiárido y árido. Es decir, el mínimo déficit hídrico se halla entre 100 y 200 mm en el noroeste, pero valores superiores a los 600 mm se extienden del suroeste a noreste coincidiendo con la banda de máximo térmico anteriormente descrita. Concretamente,

3. Antecedentes

los máximos de déficit hídrico, superiores a 700 mm, se dan en el suroeste de la provincia y al sureste de la Sierra de la Pila.

La humedad ambiental suele tener sus máximos y mínimos coincidentes con los meses de mayores y menores precipitaciones. Es mayor en la costa; en Murcia capital se registra un 57% de media anual (Romero, 1980b), lo cual es escaso a tenor de la dominancia de vientos de procedencia marítima, lo que significa que los vientos mediterráneos son poco influyentes en la región (López Bermúdez, 1973).

La insolación es muy elevada, 2982 horas anuales, sólo superada por Almería y Cádiz.

El aeródromo de Alcantarilla registra una media 1007 milibares y 1016 milibares se registran a nivel del mar. En invierno se registran presiones más altas (ligadas al anticiclón de las Azores) que en verano (cuando la inestabilidad térmica de la atmósfera origina típicas depresiones barométricas).

Durante la primavera, en el observatorio de San Javier predomina el viento de componente noreste y en Alcantarilla el de componente este (probablemente por la desviación que supone la Sierra de Carrascoy). En otoño las máximas frecuencias son noreste y este en San Javier y este en Alcantarilla. En verano en ambos observatorios predominan los vientos del primer cuadrante y en invierno del cuarto; lo que es concordante con las condiciones prevalecientes en el Mediterráneo occidental.

3.2.2.2. Cartagena

El clima local está dominado fundamentalmente por la situación del anticiclón de las Azores.

3. Antecedentes

Tiene la menor oscilación térmica de la Región de Murcia, 13° C de diferencia en el sur de la comarca entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío. La temperatura media anual son 17.3° C. Los veranos son cálidos (25° C como media del mes de agosto), pudiéndose registrar olas de calor de hasta 40° C en la canícula; los inviernos son muy benignos, con heladas excepcionales y periodo frío reducido a no más de tres meses (Capel Molina, 1986).

La comarca cuenta con uno de los climas más áridos de Europa, sus precipitaciones no superan los 300 mm, aunque su posición marítima suaviza las temperaturas. El régimen pluviométrico anual refleja una fuerte sequía estival, cuando es frecuente que en julio no caiga ni una gota. Los picos pluviométricos son equinocciales y es octubre el mes más lluvioso. Las precipitaciones se concentran en unos 30 días, e incluso en los días de lluvia en unas pocas horas, lo que se contrapone a la eficacia para empapar el suelo, por lo que el agua presenta una escorrentía superficial de pronunciada velocidad (González Ortiz, 1980).

Las escasas precipitaciones y su carácter torrencial, unido a las elevadas temperaturas, determinan que las necesidades de agua de la comarca sean muy altas, superando el déficit hídrico los 600 mm al año (Romero, 1980b).

La advección y convección de los vientos juegan un papel crucial en la dispersión de los contaminantes: la advección depende de la dirección y velocidad del viento y la convección de la estabilidad atmosférica y de la inversión térmica. En Cartagena se distinguen dos regímenes de vientos: el de poniente, débil y de escasa humedad y el de levante, más húmedo al proceder del Mediterráneo aunque, según Capel Molina (1986), sólo desencadena precipitaciones si está originado por borrascas centradas en áreas próximas al Golfo de Cádiz. Datos procedentes del observatorio de Marina del Castillo

3. Antecedentes

de Galeras (219 m de altitud, flanco occidental del puerto de Cartagena) indican que los flujos del tercer y primer cuadrante son los predominantes a lo largo del año (Vergara Juárez, 2005). Con esta descripción y la topografía, las masas de aires que rodean Cartagena y el Valle de Escombreras drenarían según (Moreno-Clavel et al., 1991; Moreno Clavel et al., 1998):

a) Drenaje hacia el Mediterráneo por la única salida posible, que es la dársena que une y enlaza las embocaduras de los puertos de Cartagena y Escombreras. Las brisas locales, en este caso, no dispersan contaminantes si no que los recirculan, dada la obstaculización y estancamiento en zonas próximas a las dársenas. Además se puede sumar el comportamiento estudiado para las brisas en la costa mediterránea (Millán et al., 2000, 2002; Querol et al., 2001a).

b) Menos frecuente es la salida de las masas del Valle de Escombreras hacia el noreste, por la depresión de Alumbres, que conecta con el Campo de Cartagena. De nuevo barreras naturales como Cabezo Rajao, las colinas de Roche y Cabezo Ventura, impiden la deseable ventilación, vertiendo habitualmente otra vez a Cartagena.

Resumiendo, las situaciones sinópticas muestran los siguientes escenarios definidos en Cartagena (Environment and Systems, 1989):

a) Pantano barométrico. Dominio de las condiciones a microescala, que establecen la brisa de mar a medio día y la de tierra por la noche.

b) Borrasca con un frente asociado aproximándose, procedente del Atlántico. Efectos locales de contaminación con especial influencia de la topografía.

c) Borrasca en el Atlántico y altas presiones sobre el Mediterráneo y gran parte de Europa que determinan vientos de componente norte a noreste. Buena ventilación.

3. Antecedentes

d) Borrasca en el Atlántico y altas presiones sobre el Mediterráneo y gran parte de Europa que determinan vientos flojos del noreste por la mañana rolando a este con el transcurso del día. La aparición de inversiones en superficie, afecta en mayor o menor medida a todo el núcleo urbano.

e) Cuña anticiclónica en las Azores que penetra por el Golfo de Cádiz hacia el Mediterráneo occidental. Fuertes impactos locales de contaminación por la acumulación de masas en reflujo de tierra a mar y viceversa.

Las condiciones climáticas y edáficas no permiten el desarrollo de vegetación arbórea, es vegetación poco densa, creciendo un tomillar de especies xerófilas y termófilas, allá donde la vegetación natural no ha cedido a los cultivos. En las sierras meridionales crecen el matorral de palmito y espino negro (Gómez Linares, 1989).

3.2.3. La contaminación atmosférica en la Región de Murcia

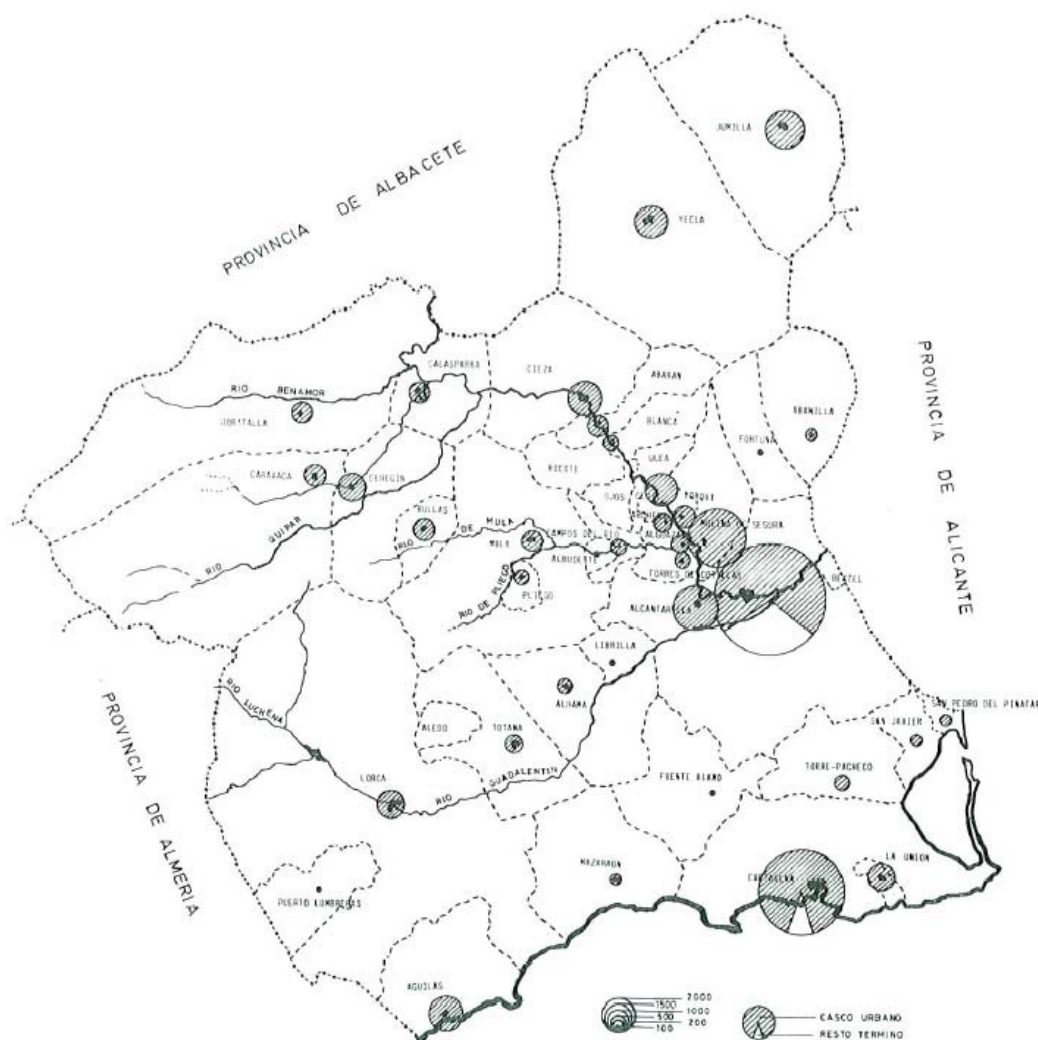
Las características climáticas, geográficas y geológicas anteriormente apuntadas han influido en el desarrollo de los pueblos de la provincia y en el asentamiento de su industria, que ha sufrido grandes cambios en el transcurso del tiempo. Desde el punto de vista de localización industrial de estos tiempos, destacan claramente las zonas de alta concentración industrial de Murcia capital y Cartagena, como muestra la Figura 3.5. Aunque no son comparables, pues sus características son muy diferentes. En Murcia, domina la industria alimentaria unida a una amplia diversificación y en Cartagena destacan las industrias química y la producción energética.

Como se puede apreciar en la Figura 3.5 existen otros núcleos de localización industrial, más especializados y con una menor representatividad cualitativa. En ese

3. Antecedentes

sentido destacan: por su producción agroalimentaria las zonas situadas al norte de Murcia próximas a las cuencas del río Segura y de sus afluentes; a poniente de Murcia en dirección hacia Lorca, las industrias cárnicas; en la zona norte, en el entorno de Caravaca las industrias lapidarias; en la zona de Jumilla, las industrias vitivinícolas; y en la zona de Yecla, las industrias del mueble.

Figura 3.5. Localización industrial en la provincia de Murcia en el año 1980 (fuente: Gómez Fayrén, 1980).



MAPA DE LOCALIZACION INDUSTRIAL

3. Antecedentes

En conjunto la actividad industrial ha seguido un desarrollo sostenido como puede apreciarse en el gráfico de la Figura 3.6. En la Figura 3.7 se compara la diversificación de la producción industrial de Murcia con España, correspondiente al año 2007.

Figura 3.6. Evolución del consumo eléctrico regional entre los años 1997 y 2005 (fuente: Centro Regional de Estadística de Murcia, 2007).

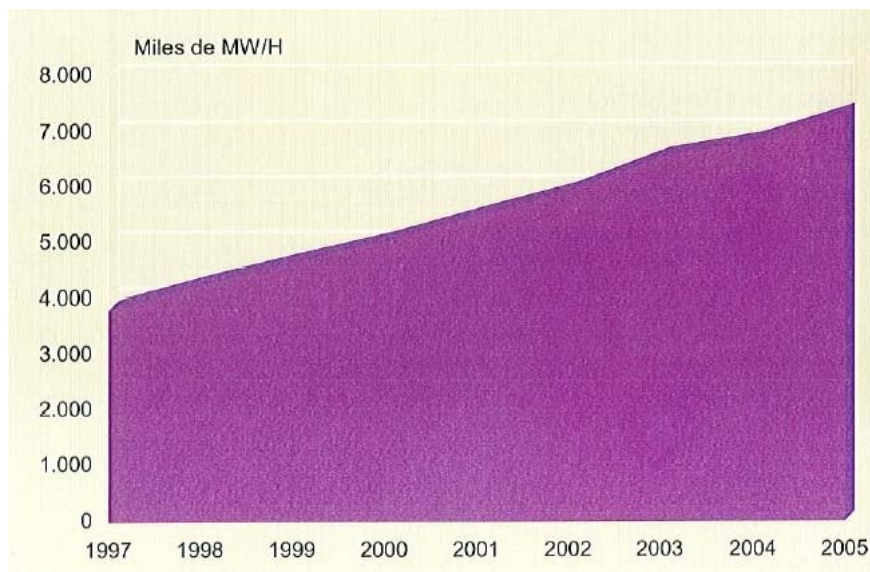
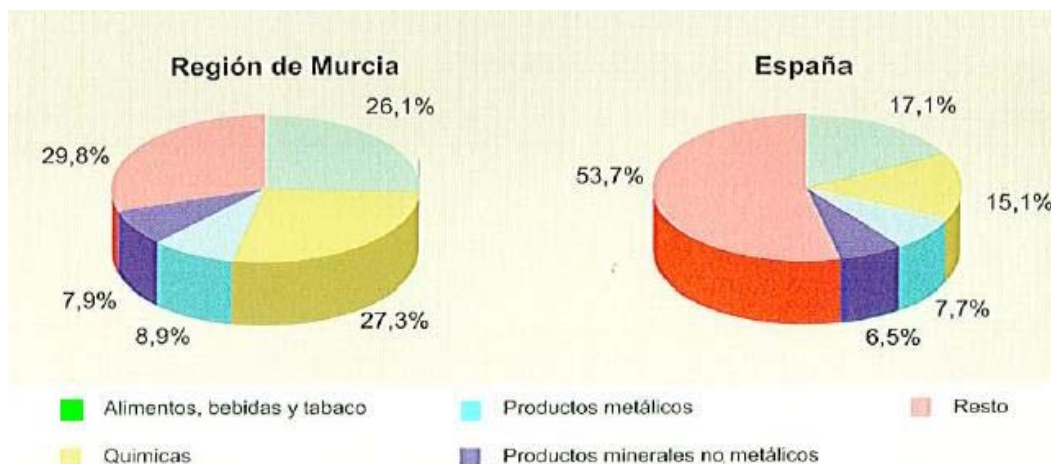


Figura 3.7. Comparación de las distribuciones de las producciones industriales de Murcia y España, correspondientes al año 2007 (fuente: Centro Regional de Estadística de Murcia, 2007).



3. Antecedentes

Como puede apreciarse en la Figura 3.7, las producciones de productos agroalimentarios y de productos químicos de la Región de Murcia superan ampliamente los valores medios relativos a esos productos en el conjunto de España. Es evidente que uno de los soportes de ese dinamismo industrial de la región es su clima benigno, que facilita la producción agrícola de la que se deriva la amplia producción agroalimentaria que se ha desarrollado.

Por contraste, la situación actual del sector industrial dista muchísimo de las características que esas actividades tuvieron en el pasado. Por ello, se va a hacer brevemente hincapié en aquellas actividades industriales anteriores, especialmente en las que fueron muy contaminantes, ya que su huella ha quedado necesariamente impresa en los territorios que conforman la actual Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. En este sentido, se diferencian con carácter general tres etapas. Dentro de ellas, se analizan de forma separada, por sus notables diferencias intrínsecas, las actividades de Murcia capital y de Cartagena:

- a) La antigüedad hasta el siglo XVI.
- b) Los siglos XVIII y XIX.
- c) El siglo XX, especialmente entre los años 1950 y 1980.

3.2.3.1. Murcia

- a) La antigüedad hasta el siglo XVI.

Desde tiempos romanos y anteriores en el interior de la Región y en los valles y en las proximidades de los cauces fluviales hubo asentamientos humanos e instalaciones para el aprovechamiento de la siempre escasa agua (azudes, norias, acueductos,

3. Antecedentes

canalizaciones y grandes aljibes) de los que quedan distintos y abundantes vestigios. Pero tales poblados no adquirieron importancia destacable hasta que durante la dominación árabe se produjo a orillas del río Segura la fundación en el año 831 de la ciudad de Mursiya (Murcia) por Abderramán II. Ciudad que pasó a ser una de las más importantes de Al-Ándalus (González Ortiz, 1980). Murcia, se fue desarrollando siendo el núcleo capitalino de territorios que sufrieron distintas vicisitudes hasta que el reino pasó a formar parte de la salida al mar Mediterráneo del Reino de Castilla.

Durante un largo periodo, hasta la unificación de España, y también después de concluida la Reconquista, Murcia fue una ciudad rica rodeada de huertas y el centro de concentración de los poderes de un estado fronterizo con tres frentes que defender: la frontera con Granada, la frontera con Aragón y las constantes incursiones de pillaje y captación de cautivos que provenían tanto del norte de África como de corsarios procedentes de reinos españoles o de otras zonas de Europa.

Bajo estas circunstancias el reino fue guerrero, próspero y rico, para el concepto de aquellos tiempos. Su economía se sustentaba en: la agricultura, la mesta, la pesca y las actividades artesanas; así como, en las industrias textiles derivadas del esparto, de la lana y de la seda, la minería no metálica (especialmente de azufre), la tradicional salazón de alimentos y la producción de barrilla. Aspectos que se abordan con mayor detalle seguidamente.

b) Los siglos XVIII y XIX.

En esta etapa se deben diferenciar al menos dos hechos de la máxima relevancia para la industria de Murcia, como fueron: la pérdida de la producción de barrilla y la extinción de la producción de seda y de su industria textil.

b.1) La pérdida de la producción de barrilla.

3. Antecedentes

Las barrillas se encuentran ampliamente representadas en el área de estudio y tuvieron importancia económica en el pasado. Al indagar en este pasado se encuentran datos muy interesantes que, aunque aparentemente parecen inconexos, en realidad guardan siempre una relación de dependencia con la geografía y el clima de la Región de Murcia. Sin embargo los orígenes de esta actividad industrial se desarrollarían inicialmente en Cartagena y concretamente, en la albufera denominada El Almarjal. No obstante, se esboza una síntesis de lo que esta industria significó en el pasado, pues dado el clima semiárido y las grandes extensiones que tenía de terrenos salitrosos que ocupaban sus resecos campos, el cultivo y aprovechamiento de las barrillas se extendió por amplios campos del reino. Pero el aspecto que aquí interesa resaltar es la utilización desde el punto de vista industrial de los cultivos que se hacía de los almarjos. Posiblemente, desde tiempos inmemoriales se utilizaran las plantas barrilleras, conocidas con distinta denominación según localidades, por ejemplo: *Halimione glauca*, como cenizo blanco, sabonera, verdolaga marina; *Salicornia fruticosa*, como salicor fino, salicorn, salicornia; *Halogeton sativus*, barrilla fina; *Salsola soda*, salicor, barrilla; *Salsola kali*, barrilla pinchosa. Plantas que se criaban en El Almarjal y otras zonas de suelos salinos para producir la barrilla, nombre con el que conocía un carbonato alcalino impuro obtenido de las cenizas resultantes de la combustión de alguna de estas plantas o de sus mezclas con otras especies afines (Rivera Núñez y Obón de Castro, 1991).

Sin duda, fue durante la dominación árabe cuando se desarrolló su cultivo sistemático para obtener el álcali vegetal. Para ello, se sembraban las plantas a finales de año para recogerlas entre agosto y octubre del año siguiente, cuando se encontraban en sazón, es decir, cuando aparecen desplegadas sus flores. En 1783 se recogieron en los saladares del Mar Menor 100.5 quintales que se valoraron en 1507 reales. Las plantas se

3. Antecedentes

arrancaban de raíz y se dejaban sobre el terreno, limpias de tierra. Transcurridas algunas horas se recogían y apilaban, formando “garberones”, poco compactados, para facilitar el secado, cuya duración, dependiente del tiempo, suponía al menos dos semanas. Posteriormente, se formaban apilados mayores, “garberas”, que se cuidaban para que estuviesen aireados y no fermentaran, procediéndose posteriormente a la quema. El calor que se desarrollaba en la combustión permitía que las cenizas fundieran y escurrieran por el emparrillado para caer al hoyo. La hoguera se continuaba alimentando con plantas secas de modo ininterrumpido hasta que el foso quedaba lleno de cenizas. Seguidamente se tapaba la parrilla con tierra y se dejaba enfriar, después de lo cual, se hacía una zanja lateral más profunda que el foso primitivo desde la que se rompía en trozos y se sacaba la masa pétrea resultante (Rivera Núñez y Obón de Castro, 1991).

La barrilla de color gris azulado, tenía una consistencia sólida que al golpearla producía un sonido casi metálico. Estas masas, bien se comercializaban directamente, o se sometían a un proceso de purificación, consistente en disolverla en agua para decantar y separar las partes insolubles y, previa evaporación, cristalizar la disolución para obtener la sosa cristal; mezcla de carbonatos potásico y sódico hidratados o, mediante caustificación con lechada de cal, obtener la sosa cáustica; mezcla de hidróxidos de potasio y de sodio. Productos todos ellos esenciales para la fabricación del jabón, obtención de vidrio, cerámica y porcelanas, dar fluidez a las escorias en los procesos metalúrgicos y suavizar las fibras textiles. La producción de barrilla y sosa se generalizó, alternándola con la de los cereales, por los terrenos de secano del reino de Murcia, con intensos cultivos en Cartagena, Murcia, Lorca y por gran parte de los secanos de Mazarrón, Águilas, Caravaca, Cieza, Vélez Blanco, Vélez Rubio, María, Yecla, Abanilla y Villena. Es difícil conocer cuáles eran las producciones y también el

3. Antecedentes

comercio, dada la gran amplitud de usos que tenían esos productos. Pero el comercio tenía tres destinos: los consumos internos regionales, los consumos internos del resto de España (La Granja, Valencia y Cataluña) y las exportaciones hacia el exterior. Puede hacerse una aproximación del comercio exterior que se realizaba por los puertos de Alicante, Cartagena, Mazarrón y Águilas. Los destinos principales de esos productos eran Francia, 50 %; Holanda, 20-25 %; Inglaterra 16-18 % y Venecia (Murano) 10-15 %. En este sentido las cifras son distintas según los puertos de salida y los años. Pero según un estudio publicado en 1915, en el año 1803 se exportaron 180692 quintales de barrilla y 21463 quintales de sosa. A partir de 1840 el descenso de exportación de barrilla fue tan notable, que los últimos datos de exportación corresponden a los 253 quintales exportados en 1881 (Carracido, 1892).

b.2) La producción de seda y de su industria textil.

La industria regional era en muchos casos artesanal y poco diversificada, pudiéndose destacar las conservas, el pimentón, la cordelería de fibras duras (esparto y cáñamo) y la producción vinícola. Sin embargo, la producción de vinos experimentó un notable desarrollo como consecuencia de los estragos que causó en los viñedos de Europa la plaga de la filoxera, hasta el punto que, sólo en las zonas de Yecla y Jumilla, se pasó de unas plantaciones de viñas de 36.71 km² en 1850, a una superficie de viñedos de 214.69 km² en 1889.

Esta atonía industrial contrasta paradójicamente con el hecho de que en Murcia se habían desarrollado también industrias que fueron la base de la revolución industrial del siglo XIX, como la construcción naval, la minería metálica, los alumbres, el salitre y la fabricación de pólvora. Pero además, de un modo especial, se debe destacar la pujante industria textil de tejidos y artículos de seda natural. La industria de la seda estaba tan

3. Antecedentes

arraigada, que hasta había un centro de grandes dimensiones, denominado el Salón de Contrataciones, en el que se centraban los negocios y control de esas actividades. La industria textil de la seda fue una actividad muy desarrollada que llegó a alcanzar un nivel de producción de trescientas mil libras anuales, a las que se debe sumar la producción de hijuela, un monofilamento que se obtenía por coagulación en medio acético de la mucosidad que se generaba y que se estiraba al partir el gusano antes de que hilara el propio capullo de su crisálida (Moreno, 1990).

c) El siglo XX, especialmente entre los años 1950 y 1980.

La actividad industrial de la zona de Murcia era más diversificada que la de Cartagena, aunque se continuaban utilizando técnicas y estructuras elementales e incluso artesanales. No obstante, al compás de la expansión que experimentaban otras zonas fueron desarrollándose y creciendo industrias tradicionales como las derivadas del esparto, la industria del pimentón, las industrias de curtidos y derivados de la piel, la industria del mueble y de un modo destacado la industria conservera. En cualquier caso había una diferencia sustancial en las características de los núcleos industriales de Cartagena y los de Murcia. La industria química, petroquímica y metalúrgica, asentada en Cartagena dependía de capitales y centros de decisión foráneos a la región, mientras que las industrias murcianas, especialmente la conservera, dependían básicamente de empresarios y capital autóctono.

En relación con la industria conservera debe resaltarse que se inició a principios del siglo XX elaborando conservas de frutas, especialmente de albaricoque y melocotón, frutos de los que había grandes producciones y que se alteran fácilmente por el calor. Concluida la Guerra Civil, se diversificaron las producciones ampliándolas hacia las hortalizas o a semielaborados que podían completar su transformación en los puntos de

3. Antecedentes

consumo. Así se pasó de exportar 5600 t de frutas en almíbar en 1959, a 24760 t en 1961, o de la preparación de ensaladas y cóctel de frutas que se inició en 1958 con 500 cajas, a una exportación de 500000 cajas en 1965. La industria conservera de Murcia ha venido ocupando el primer puesto de este sector en España, con una participación del orden del 60-70% del conjunto nacional. Además, aunque se inició con vocación especialmente exportadora, ha evolucionado cada vez con mayor interés hacia el mercado nacional (Moreno, 1990).

3.2.3.2. Cartagena

a) Primera etapa: La antigüedad hasta el siglo XVI.

Se acepta de modo impreciso que tartesios, fenicios y griegos se ocuparon de las minas de la antigua Mastia. Pero se sabe, ya con certeza, que los cartagineses, 228 a.C., desarrollaron una importante actividad de explotación de las minas de plomo y plata de las Sierras de Cartagena y Mazarrón, uno de cuyos pozos, el Bebelo, decía Plinio que suministraba hasta trescientas libras de plata diarias a Aníbal.

Vencidos los cartagineses, continuaron los romanos la explotación de las minas con importantes labores de las que dan fe, pozos como los de la Rambla de Boltada, Barranco del Hoyo de Agua, Cabezo de Don Juan y Loma del Jarral, entre otros. Merece destacarse el llamado Pozo de los Reyes, en el Cabezo Rajado, que fue rehabilitado en 1877. Tenía tres metros de diámetro y ciento treinta y tres de profundidad, y en opinión aceptada, correspondía al anterior Bebelo antes citado (Moreno, 1990).

3. Antecedentes

Cartagena y la explotación de sus minas están tan interrelacionadas que sería difícil discernir cuál de ellas es la causa y cuál el efecto de ambas realidades. La minería del plomo y de la plata y su metalurgia constituyeron sin duda las producciones fundamentales que fueron el motor del desarrollo que alcanzó Cartagena en la época Romana. El comercio muy floreciente en aquella época, se vio favorecido por coincidir en Cartagena los caminos de la Vía Hercúlea, que pasando junto a la Torre Ciega, comunicaba hacia Levante con Tarraco y hacia poniente por Cuesta Blanca, con la Bética. La calzada, conducía por el norte hacia Segovia y, como punto sobresaliente, estaba el puerto, cuyo tráfico incluía un amplio espectro de productos (Más García, 1979; Moreno, 1990).

En Carthagonova destacaron otras actividades: la cerámica, la cordelería textil derivada del esparto, la vinícola, la del aceite de oliva, las conservas de pescado, que dio nombre al Puerto de Escombreras y que uno de sus derivados lo constituía el famoso “garum” que se exportaba en envases cerámicos especiales.

A la caída del Imperio Romano de Occidente, la antigua e importante ciudad de Cartagena fue decayendo y depauperándose en los siglos siguientes, dejando de tener significación destacable, hasta que fue ocupada durante la Guerra de Sucesión por los que pretendían que el trono de España pasara a manos de la Casa de Austria. La reconquista de Cartagena por el Cardenal Belluga y la incorporación del trono de España a los Borbones, supuso un nuevo renacer para Cartagena y su comarca (Grandal López, 2005).

b) Segunda etapa: Los siglos XVIII y XIX.

3. Antecedentes

En este periodo se deben diferenciar dos hechos de la máxima relevancia para Cartagena, como fueron la construcción del Arsenal Militar y el resurgir de la minería de la Sierra de Cartagena.

b.1) Arsenal militar y Capitanía General del Mediterráneo.

El puerto de Cartagena usualmente era un puerto con escasa actividad comercial, por las incursiones de corsarios y porque la principal salida de los productos procedentes de Murcia se realizaba por el puerto de Alicante, que tenía más fácil acceso y posibles lazos mercantiles. Por otro lado, por la ensenada tan segura del puerto, su bahía era punto de concentración de la galeras de España durante los inviernos. Las nuevas perspectivas de cara a un futuro estable proceden de la decisión de Felipe V de reestructurar la marina de España, para lo cual estableció en 1724 las sedes de sus tres Capitanías Generales: Ferrol, Cádiz y Cartagena. Como consecuencia, la Real Orden de 5 de Julio de 1728 establecía la transformación de la bahía, que cambiaría de simple fondeadero de las galeras a una base naval con todos sus recursos y potencialidades. Las obras del Arsenal de Cartagena se iniciarían más tarde en 1749, reinando Fernando VI, siendo ministro de Marina el Marqués de La Ensenada (Cañabate Navarro, 1955). Obras que debían concluirse en 1882 con un presupuesto 112 millones de reales de vellón. Tiene en esta etapa singular importancia el hecho de que para que el Arsenal dispusiera de diques secos se encargaron en 1750 dos estudios: Uno al propio director de las obras D. Sebastián Feringán y Cortes y otro al Capitán de Navío D. Jorge Juan y Santillana, optándose por el proyecto de Jorge Juan, aunque la dirección de las obras siguieron confiadas a Feringán. Se construyeron dos diques uno pequeño y otro grande cuyas obras concluyeron en 1760 (Ramírez Gabarrús, 1980). Los diques siguen en uso, utilizándose como fosas de submarinos.

3. Antecedentes

Durante el reinado de Carlos III, quien sucedió a su hermano en 1759, continuaron las obras de desarrollo del Arsenal que duraron todo el resto del siglo XVIII. Desarrollo que, en parte, se malogró tras la infortunada expedición contra Argel que se produjo en mayo de 1775 en la que se concentró en su puerto el grueso la escuadra española.

La derrota en la batalla de Trafalgar en 1805 unida a las vicisitudes de la invasión de Napoleón y la sucesión de independencias en las colonias de América, condujo a una etapa de profunda depresión con una paralización del desarrollo de las obras civiles y militares en la ciudad (1808-1833) que enlaza, en el aspecto positivo, con el incremento del desarrollo minero y, en el negativo, con la sucesión de numerosos acontecimientos que caracterizan la historia de España (Moreno, 1990).

b.2) Resurgir de la minería de la Sierra de Cartagena.

La explotación de las minas de Cartagena, tan intensa en las épocas prerromana y romana, decayó, manteniéndose en estado latente, salvo algunos intentos en los siglos XVI y XVII. La causa fundamental derivaba de las ordenanzas restrictivas dadas por Felipe II. Por ello, resurgió en el siglo XIX, inicialmente con tibieza, por el empuje dado por la Ley de 1825 que potenció el laboreo minero en la que tuvo una participación decisiva D. Fausto Elhuyar y, posteriormente de forma briosa, tras el descubrimiento hacia 1839 en la Sierra Almagrera de Almería, del filón Jaroso, muy rico en plata. Este hecho favoreció la multiplicación de minas, fundiciones y sociedades mineras (Andrés Sarasa, 1982; Moreno Clavel, 1984), de tal modo que a mitad del siglo, el distrito minero de Cartagena tenía 290 minas en actividad y 45 fundiciones. Los empleos entre la minería y la fundición de plomo eran del orden de 6000. En resumen, cuando después de intentos anteriores, nació definitivamente la Escuela de Capataces de Minas y Maestros Conductores de Cartagena por el Real Decreto

3. Antecedentes

publicado en la Gaceta de Madrid el 4 de Septiembre de 1883, el distrito minero de Murcia tenía: 1210 minas activas; 14041 obreros ocupados en minería; 53 fábricas de beneficio activas y se alcanzaba una producción de 36000 t de plomo (Peñarroya España, 1983; Andrés Sarasa, 1982; Moreno Clavel, 1984).

Para mostrar la importancia del desarrollo industrial de Cartagena al impulso de la minería, se presentan en la Tabla 3.3 datos representativos de la aportación de la producción de plomo en barras de Cartagena en relación con el conjunto de España entre los años 1861 y 1909. Como puede observarse en la Tabla 3.3, la participación de la producción de plomo de Cartagena al conjunto nacional fue creciendo hasta superar más de la mitad de la producción nacional para después decrecer nuevamente, ya que la Ley de 29 de diciembre de 1910, vino a sumarse a los problemas subyacentes, de descapitalización y falta de espíritu empresarial, pues desnaturalizaba el derecho de la propiedad que pasaba al precario disfrute de una concesión administrativa, ya que volvía a atribuir al Estado la propiedad de las minas. El resultado final de este proceso fue la decadencia y casi desaparición de la explotación minera, tras la conclusión de la Guerra europea y la depresión económica (Moreno Clavel, 1984).

c) Tercera etapa: El siglo XX, especialmente entre los años 1950 y 1980.

El siglo XX inicia su andadura plena de dificultades, se han perdido los últimos restos de las colonias, Cuba y Filipinas, y la actividad minera e industrial languidece durante la primera década. Sin embargo, la Guerra de 1914, da un impulso pasajero a la actividad minera y metalúrgica de Cartagena, que produce un repunte industrial, que se apaga al finalizar la contienda. Los años siguientes representaron una etapa con grandes dificultades, condicionada por la Primera Guerra Mundial: Por una parte, pérdida de algunos mercados y recesión de otros; de otra, la industria minero-metalúrgica murciana

3. Antecedentes

era secularmente tributaria del carbón inglés y, en consecuencia, se produjo la subida de precios y la falta de abastecimiento, lo que llevó a tener que apagar los hornos y a paralizar la producción. Así se recoge en el Informe de los inspectores del trabajo sobre la influencia europea en las industrias españolas (Andrés Sarasa, 1982).

Tabla 3.3. Comparación entre las producciones de plomo de Cartagena y España.

AÑOS	Producción de Cartagena	%	Producción de España
1861-1870	187650	26.65	704870
1871-1880	32.220	32.90	980200
1881-1890	444600	48.88	947300
1891-1900	834000	51.54	1618000
1901-1909	669000	37.26	1789000

Con tan lamentables perspectivas se llega al crítico año de 1921, uno de los de más lúgubres para la economía mundial, coyuntura que afectará de modo especial a la industria minero-metalúrgica, lo que confirma los negros augurios de finales de la segunda década. En los años sucesivos, continúa la atonía, llegándose a 1948 en el que la producción española es de 25000 toneladas de plomo, cuando las fábricas en actividad, sin esfuerzo extraordinario, podrían suministrar más de 200000 toneladas (Andrés Sarasa, 1982).

Es a partir de la década de los años cincuenta, cuando la ciudad de Cartagena experimenta un rápido desarrollo industrial. Pero dicho crecimiento se produjo sin que se realizara una planificación previa sobre su mejor ubicación, dando como resultado una disposición no adecuada de las industrias, en zonas muy próximas a los núcleos de

3. Antecedentes

población y cuyas emisiones, en función de las características topográficas y climáticas que se dan en el entorno de Cartagena producen importantes problemas de contaminación (Moreno Grau, 2006).

El fuerte desarrollo industrial que experimentó la ciudad en aquellos años condujo a que en un periodo de tiempo inferior a dos décadas se produjera una singular concentración de grandes factorías químicas y metalúrgicas, que en su conjunto representaban, hacia la mitad de esa década, frente al 13% del empleo total de la Región de Murcia, el 63% de la potencia eléctrica instalada, que correspondía a la Industria de Cartagena (Moreno, 1990).

La conjunción de la rápida expansión industrial de la ciudad, y su falta de planificación, unida al hecho real que por entonces presidía las decisiones empresariales en relación con el medio ambiente, que era, cuidar que las condiciones de trabajo en las naves y talleres de las fábricas fueran acordes con las condiciones exigidas por la seguridad e higiene laboral, tuvieron mucho que ver en el empeoramiento de la calidad del aire. Es decir, que aunque en el diseño de los procesos industriales se instalaban equipos y aparatos para paliar o reducir las emisiones al exterior, su objetivo era evitar situaciones de riesgo laboral dentro del recinto de las fábricas, sin que preocupara demasiado lo que podía ocurrir mas allá de la cerca de la empresa. Incluso, todavía perduran instalaciones en las que para paliar los efectos de la contaminación más inmediatos, simplemente se les había instalado una chimenea con altura suficiente para que el penacho de las emisiones superase la altura normal de la capa de inversión de la zona.

Como consecuencia, los problemas de contaminación atmosférica afloraron pronto, contribuyendo a situaciones graves tanto por la importancia cuantitativa intrínseca de

3. Antecedentes

las emisiones como por las características topográficas y climáticas que se dan en el entorno de la ciudad.

Como se ha apuntado anteriormente, en Cartagena se desarrolló un complejo industrial amplio, sin planificación, que se ubicó en la zona portuaria y dos zonas principales: El Valle de Escombreras y El Hondón.

Tabla 3.4. Capacidad de producción nominal instalada y zona de ubicación en la década de los 70 del siglo XX (fuente: Moreno, 1990; Moreno Clavel et al., 1998).

PRODUCTO	CAPACIDAD	ZONA DE UBICACIÓN
Energía Eléctrica	940 Mw	Escombreras
Refino de Petróleo	10 000 000 t/año	Escombreras
Lubricante	100 000 t/año	Escombreras
Plomo	75 000 t/año	Portuaria
Zinc	70 000 t/año	El Hondón
Ácido sulfúrico	260 000 t/año	El Hondón y Escombreras
Amoniaco	200 000 t/año	Escombreras
Urea	140 000 t/año	Escombreras
Sulfato Amónico	70 000 t/año	Escombreras
Sulfato Potásico	60 000 t/año	El Hondón
Fosfato Bicálcico	70 000 t/año	El Hondón
Superfosfato	110 000 t/año	El Hondón
Abono Compuestos de N P K	224 000 t/año	Escombreras

Las industrias se encuentran repartidas en dos polos, uno en la zona Este de la ciudad y otro en el Valle de Escombreras. La actividad industrial desarrollada es o era muy diversa: Central Térmica de fuel-oil, fundiciones de metales no férreos (plomo y

3. Antecedentes

zinc), industrias químicas (por ejemplo ácido sulfúrico y abonos), industria alimentaria (aceites vegetales), astilleros, un puerto importante y refinería de petróleos. En la Tabla 3.4. se recogen las capacidades nominales de producción de las grandes industrias de Cartagena, en la década de los 70 (Moreno, 1990; Moreno Clavel et al., 1998).

La fuerte incidencia de la contaminación sobre la ciudad de Cartagena, en 1974, se resume en la Tabla 3.5 (Moreno et al., 1977), se puede observar que se alcanzaban valores verdaderamente elevados.

Tabla 3.5. Acidez media, mínima y máxima en Cartagena. Año 1974 $\mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$. (fuente: Moreno et al., 1977).

	MEDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
ENERO	386	816	157
FEBRERO	252	512	76
MARZO	225	398	75
ABRIL	120	191	84
MAYO	193	265	42
JUNIO	138	383	69
JULIO	315	634	150
AGOSTO	367	905	138
SEPTIEMBRE	237	440	78
OCTUBRE	130	399	60
NOVIEMBRE	120	236	60
DICIEMBRE	225	636	110
ANUAL	222	905	42

3. Antecedentes

Como consecuencia de la fuerte incidencia de la contaminación sobre la ciudad, Cartagena y parte de su término municipal fueron declarados por el Real Decreto 1197/1979 como zona de aplicación de las medidas previstas para área de atmósfera contaminada en la Ley 38/1972, de Protección del Ambiente Atmosférico, elaborándose un “Plan de Saneamiento Medioambiental” (Moreno-Clavel et al., 1991). Lógicamente, la declaración de Cartagena como zona de atmósfera contaminada, supuso la posibilidad de aplicar las medidas que para estas zonas se proveían en la Ley 38/1972 y las disposiciones de desarrollo posteriores. Como consecuencia, creadas las correspondientes estructuras legales se pusieron en marcha acciones encaminadas a paliar la contaminación atmosférica. Se programó un plan a desarrollar en tres fases que se describen seguidamente.

Las medidas adoptadas en cumplimiento de la primera fase del Plan bastaron para reducir los niveles de inmisión de SO_2 desde 1978 a 1982 en un 79% (Victoria, 1984), situando la media anual para 1982 en $60 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$. Estos valores permitieron calificar a partir de entonces a la atmósfera cartagenera como de contaminación “aceptable”, lejos de los altos valores alcanzados en 1978, año en que se alcanzó la máxima contaminación de SO_2 , con $290 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ de media anual. Las actuaciones más efectivas se concretaron fundamentalmente en el desmantelamiento de la planta de ácido sulfúrico de Explosivos Riotinto y en la construcción por la fundición Peñarroya en 1980 de una chimenea de 100 metros, frente a los 16 de la chimenea anterior, y que parecía la solución más viable técnica y económicamente dada la crítica situación de la empresa que desembocaría en su cierre algunos años más tarde.

La incidencia de otros contaminantes como es el caso del plomo o partículas en suspensión, tampoco era especialmente buena en los años setenta, pero al igual que para

3. Antecedentes

el SO₂, no se tomaron medidas hasta que la situación alcanzó niveles no admisibles ni siquiera para unos ciudadanos concienciados con la problemática industrial de la zona.

La situación en el periodo 1979-1986, que condujo a una pérdida del 33% del empleo industrial, no aconsejaba a la Administración forzar el obligado cumplimiento por parte de las empresas contaminantes de las actuaciones previstas en la primera fase del Plan de Saneamiento Medioambiental de 1979. Así, algunas empresas no llevaron a cabo las modificaciones exigidas en esta primera fase, mientras que las empresas energéticas se vieron exentas de tomar medidas anticontaminantes pues en el Plan “se considera conveniente la realización de estudios previos de las empresas energéticas” ya que “[...] estarán afectadas por las modificaciones que imponga el futuro Plan Energético Nacional”.

La segunda fase del Plan se iniciaba en 1982 con amplias dudas sobre su puesta en práctica. Se estimaron unas inversiones de unos 550 millones de pesetas para mejoras del proceso, unos 38 millones para medidas del control de emisiones y unos 173 millones para medidas de depuración. De los 761 millones previstos, las empresas reportaron gastos por menos del 30%, aún recogándose por vía de subvenciones gran parte del desembolso realizado (Moreno, 1990).

Aunque el Plan de Actuaciones fue inicialmente positivo, el recrudecimiento de la crisis industrial en los últimos años de la década de los 80, junto a la incertidumbre de financiación de la segunda fase del Plan, y el hecho de que las medidas anticontaminantes eran escasas, condujeron a un nuevo deterioro de la calidad del aire que se pone de manifiesto en la Tabla 3.6, relativa a la contaminación por SO₂.

3. Antecedentes

En el caso de las partículas en suspensión, también se superaron entre 1988 y 1989, los límites establecidos por la legislación vigente entonces, como se puede apreciar en la Tabla 3.7.

Tabla 3.6. Número de días, para cada periodo anual, en los que se superó la media de contaminación por SO₂ que se indica, para cada estación de medida. Durante 40 días los sensores no registraron datos del periodo 1988-1989. La anualidad comprende el periodo desde el 1 de abril al 31 de marzo del año siguiente (Moreno, 1990).

	> 80 µg/m ³	> 80 µg/m ³	> 250 µg/m ³	> 250 µg/m ³	> 350 µg/m ³	> 350 µg/m ³
Año	88-89	89-90	88-89	89-90	88-89	89-90
Lo Campano	177	171	23	9	6	0
Alumbres	17	56	4	0	0	0
Bastarreche	163	160	27	2	5	0
Puerto	19	6	0	0	0	0
Ensanche	36	45	1	0	0	0

Tabla 3.7. Número de días, para cada periodo anual, en los que se superó la media de contaminación por partículas que se indica, para cada estación de medida. Durante 57 días los sensores no registraron datos para las partículas existentes en la atmósfera en el periodo 1988-1989 (Moreno, 1990).

	> 40 µg/m ³	> 40 µg/m ³	> 80 µg/m ³	> 80 µg/m ³	> 150 µg/m ³	> 150 µg/m ³	> 250 µg/m ³	> 250 µg/m ³
Año	88-89	89-90	88-89	89-90	88-89	89-90	88-89	89-90
Lo Campano	209	338	27	15	6	2	5	1
Alumbres	179	214	63	33	34	2	24	0
Bastarreche	197	337	35	47	1	3	0	0
Puerto	180	341	1	76	1	11	1	0
Ensanche	166	307	0	25	1	0	1	0

3. Antecedentes

Por otra parte, la gestión sobre el control de la contaminación atmosférica desde el aspecto administrativo experimentó cambios importantes. En 1980, se transfirieron las primeras competencias sobre el control de la contaminación atmosférica a la Comunidad Autónoma. Pasando a depender todas las competencias en materia de protección del medio ambiente en 1982.

A partir de entonces el Gobierno Regional de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y el Ayuntamiento de Cartagena se encargan de la gestión medioambiental e inician la labor de modernización y automatización de la red de vigilancia, prevista en la segunda fase del Plan con una inversión aproximada de 140 millones de pesetas, que se concreta en la instalación de sensores automáticos conectados a una central que permite a partir de 1985 conocer con exactitud la calidad del aire de la zona, así como la responsabilidad precisa de cada factoría en los niveles de inmisión, determinada gracias a torres meteorológicas. El sistema integrado por (Jiménez Torres, 1991):

a) La red de control analítico (red de inmisión) constaba de 11 estaciones remotas en las que se analizaban en tiempo real y medida en continuo, los niveles de contaminantes, tales como: óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, ozono y partículas.

b) La red meteorológica, constaba de cuatro torres meteorológicas con los sensores que se indican en el Tabla 3.9 y un equipo Sodar para conocer la estructura de la atmósfera (dirección y velocidad de vientos y capas de inversión) cada 30 m, entre 40 y 610 m de altitud.

c) Todos los datos eran recogidos por exploración telefónica cíclica en el centro de control en los que eran procesados e informatizados.

3. Antecedentes

La red automática se complementaba con la red manual, para el estudio de la materia particulada.

La red manual integrada por:

a) La red de alto volumen, que permitía el estudio de la materia particulada en suspensión. Disponía de tres puntos de muestreo, en la actualidad dispone de un captador de alto volumen con cabezal PM₁₀ y otro con cabezal PM_{2.5} ubicado en la estación de muestreo de Mompeán.

b) La red standard gaugé, que permitía el estudio de la materia sedimentada. Disponía de seis puntos de muestreo. Desde el segundo trimestre del año 2009 está fuera de funcionamiento.

c) La red de bajo volumen, para el estudio de los componentes bióticos, de modo específico, polen y esporas, así como determinar la presencia de partículas de origen biológico que puedan asociarse a determinados procesos alérgicos. Disponía de tres captadores Suárez-Cervera y un captador de impacto activo tipo Hirst. En la actualidad se dispone del captador tipo Hirst y un ciclón Burkard para la cuantificación de aeroalergenos situados en la estación de ferrocarril de Renfe.

El estudio analítico y control de la red manual, realizado por los grupos de investigación Química del Medio Ambiente y Aerobiología y Toxicología Ambiental, de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Aunque al comenzar la década de 1980 la situación en la ciudad de Cartagena había mejorado respecto a la década anterior, el recrudecimiento de la crisis industrial propició un nuevo deterioro de la calidad del aire. En el periodo 1988-1989 todos los sensores superaron un valor de la mediana de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en partículas totales en

3. Antecedentes

suspensión, con lo que los valores límite de SO_2 quedaban fijados en $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que se superaron en dos de las estaciones durante más de la mitad del periodo anual considerado (Pérez Tornell, 1997).

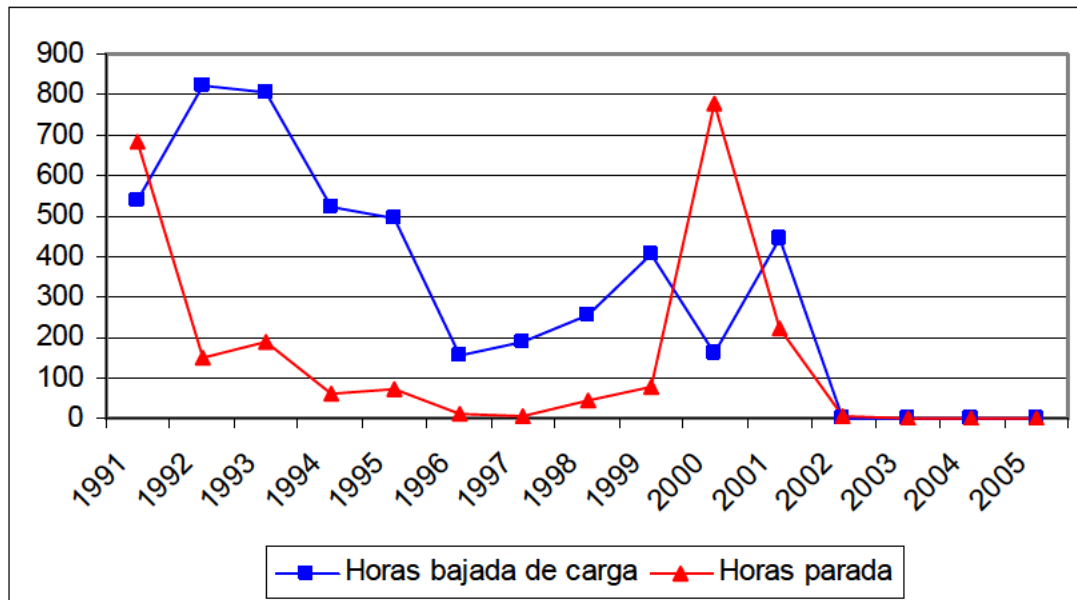
Esta situación determinó que la Comunidad Autónoma interviniera sobre la actividad industrial en la ciudad desde el año 1989. Así en el BORM de 20 de septiembre, se publica la Resolución de la Agencia Regional para el Medio Ambiente y la Naturaleza (ARMAN), de 7 de septiembre, por la que se ordenan determinadas actuaciones a las empresas de la zona de atmósfera contaminada de Cartagena, orientadas a la prevención de episodios de contaminación. A pesar de estas medidas, la situación empeoró para el periodo siguiente, 1 de abril de 1989 a 31 de marzo de 1990, alcanzando niveles de calidad inadmisibles, lo que condicionó una nueva resolución de la ARMAN, aparecida en el BORM de 15 de octubre de 1990, que complementa a la anterior. Los altos valores registrados el domingo 2 de diciembre de 1990, con $522 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria de SO_2 , alcanzando un valor máximo de $1383 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (La Verdad, 1990) determinaron la suspensión de la actividad industrial en algunas de las empresas de la ciudad durante 15 días.

El Decreto 23/1990, de 23 de abril, crea la Comisión Interdepartamental de acciones en materia de contaminación atmosférica en el municipio de Cartagena. Todas estas actuaciones se materializaron en la puesta en marcha de un Plan Operativo de Intervención Industrial, un modelo de control intermitente, por el cual el Ayuntamiento de Cartagena insta a las empresas a disminuir la producción si los niveles de inmisión de SO_2 superan los $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 15 minutos, los $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 3 horas, o $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 4 horas, o si la concentración de partículas totales en suspensión alcanza $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 4 horas. Sí tras la adopción de estas medidas, la situación no se

3. Antecedentes

corrige en el transcurso de 1 hora, se ordena el cese de la actividad, que también se ordena en el caso de que las condiciones meteorológicas impidan la resolución del episodio (Cirera Suárez, 2005). El Plan Operativo constituye un sistema de control intermitente único en el mundo (Cirera Suárez, 2005) que se basa en la vigilancia continua de la calidad del aire y la actuación sobre los focos de emisión. La Figura 3.8 muestra las horas de bajada de carga y las horas de cese de la actividad entre los años 1991 a 2005. Las consecuencias de su aplicación sobre la calidad del aire y sobre la mortalidad y morbilidad en la ciudad de Cartagena han sido estudiadas (Cirera Suárez, 2005), destacando entre sus conclusiones que el plan de intervención municipal restablece la calidad del aire y que la contaminación atmosférica de origen industrial aumenta la morbi-mortalidad por determinadas causas (Cirera Suárez, 2005).

Figura 3.8. Actuaciones del Plan Operativo de Cartagena entre 1991 y 2005. La línea azul representa las horas de bajada de carga y la roja las horas de parada de la instalación.



3. Antecedentes

Así las cosas, a mediados de la primera década del siglo XXI, el mapa de las principales actividades fabriles se podía esbozar de la siguiente manera:

- a) Obtención de energía eléctrica a partir de gas natural en el Valle de Escombreras: Aes, Gas Natural e Iberdrola.
- b) Almacenamiento y distribución de gas natural en el Valle de Escombreras: Enagás.
- c) Obtención de derivados típicos del petróleo (refinería) en el Valle de Escombreras: Repsol.
- d) Planta de obtención de aceite vegetal en el Valle de Escombreras: Moyresa.
- e) Fabricación de aceites especiales en el Valle de Escombreras: Aemedsa.
- f) Obtención de bioetanol a partir de cereales en el Valle de Escombreras: Ecocarburantes.
- g) Almacenamiento de acetona y fenol en el Valle de Escombreras: Terliq.
- h) Obtención de asfalto en el Valle de Escombreras: Compasan.
- i) Fabricación de láminas asfálticas en el Valle de Escombreras: LAM.
- j) Fabricación de fosfato bicálcico en el Valle de Escombreras: Fosfatos de Cartagena, S.L.
- k) Fabricación de carbonato de estroncio en el Valle de Escombreras: Química del estroncio.
- l) Planta de tratamiento físico-químico, cogeneración a partir de aceite usado y vertedero de seguridad de residuos industriales en el Valle de Escombreras: Befesa.

3. Antecedentes

- m) Recuperación de aceites con PCBs en el Polígono industrial de Cabezo Beaza: Etrinsa.
- n) Obtención de zinc, aleaciones y ácido sulfúrico a partir de blenda en el polígono de El Hondón: Zinca, cerrada en 2008.
- o) Fabricación de policarbonatos y planta de compounding (mezclado) en La Aljorra: Sabic Innovative Plastics de España.
- p) Obtención de gases del aire en La Aljorra: Air Liquid.

Con el panorama descrito, se justifica el trabajo de esta tesis por motivos que engloban aspectos naturales y antropogénicos. Por su trascendencia se pueden enumerar:

- a) Intrusiones de masas de aire del sur con polvo de los desiertos africanos (Guerzoni et al., 1999; Querol et al., 1999; Rodríguez et al., 2001).
- b) Fenómenos de resuspensión del material particulado bajo condiciones meteorológicas definidas (Querol et al., 1999; Alastuey et al., 2004).
- c) Alcance de masas europeas que vienen enriquecidas en sulfatos y que denotan envejecimiento (Querol et al., 2000).
- d) Intensa actividad fotoquímica que varía la concentración de las especies químicas fotosensibles (Millán et al., 2000; Gangoiti et al., 2001).
- e) Elevada humedad relativa a lo largo del año, que viene asociada a la situación de Cartagena en la costa y que se comprueba comparativamente en el marco nacional en unos elevados porcentajes del aerosol marino (Querol et al., 2006).

3. Antecedentes

f) Ubicación históricamente controvertida del tejido industrial en el propio seno de la ciudad y clara falta de concienciación ante el problema ambiental (Moreno-Grau et al., 1993; Moreno Clavel et al., 1998).

g) Encajonamiento geográfico del núcleo urbano que limita la ventilación de la ciudad. Se complica la situación al hallarse importantes fábricas emisoras en las trayectorias de esas forzadas corrientes de aire, con el resultado de incremento en la concentración de los contaminantes atmosféricos que arriban al casco urbano (Gómez Linares, 1989; Moreno-Grau et al., 2000).

3.3. Marco normativo de aplicación

El 21 de mayo de 2008 se aprueba la Directiva 2008/50/CE, que es la vigente norma de ámbito comunitario donde se articulan los parámetros de calidad del aire ambiente respecto de los contaminantes SO₂, NO₂, NO, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, plomo en la fracción PM₁₀, benceno y O₃. Esta directiva refunde las regulaciones de estos contaminantes que, en años anteriores, habían emanado de las instituciones europeas plasmadas en la conocida como “directiva madre” (Directiva 96/62/CE), y las “directivas hijas” (Directiva 1999/30/CE, Directiva 2000/69/CE y Directiva 2002/3/CE) que quedan definitivamente derogadas a fecha de 11 de junio de 2010.

Dado el carácter integrador de la Directiva 2008/50/CE, su contenido es amplio. Parte del enfoque de permanente mejora de la calidad del aire ya que en su preámbulo establece que “la calidad del aire debe mantenerse cuando ya es buena, o mejorarse”. Aborda la modelización en la gestión de la calidad del aire, indicando que los modelos deben aplicarse cuando sea posible para calcular las exposiciones colectivas de la población; por tanto, define los criterios de uso y grado de exactitud que se exigen

3. Antecedentes

cuando se emplee la modelización en lugar de las mediciones (Anexo I de la Directiva 2008/50/CE). De esta manera, tal como se pondera en el Anexo II, cuando las concentraciones de los contaminantes no superen determinados umbrales (se establecen el “umbral superior de evaluación” y el “umbral inferior de evaluación”), las técnicas de modelización pueden suplir, mediante estimaciones, la concentración de los contaminantes en el aire ambiente, reduciendo así el muestreo.

En cuanto a la implantación de los puntos de muestreo de los contaminantes, está notablemente diferenciada en dos grupos: por un lado SO_2 , NO_2 , NO_x , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, Pb en la fracción PM_{10} , benceno y CO comparten los mismo criterios en el Anexo III y Anexo V y, por otro lado, O_3 presenta distintos criterios en el Anexo VIII y Anexo IX.

Para el primer grupo de contaminantes, en lo que a la macroimplantación respecta, establece que “[...] la ubicación de los puntos de muestreo destinado a la protección de la salud humana deberá determinarse de manera que proporcione datos sobre:

- las áreas situadas dentro de zonas y aglomeraciones donde se registren las concentraciones más altas a las que la población puede hallarse directa o indirectamente expuesta durante un periodo significativo en relación con el periodo considerado para el cálculo del valor o valores límite.

- los niveles de contaminación en otras áreas situadas dentro de zonas y aglomeraciones que sean representativas de la exposición de la población en general; [...]”. Se presenta con ello un abanico de estaciones de muestreo como son los emplazamientos de tráfico, industriales, de fondo urbano, o los puntos de muestreo para evaluar los niveles rurales de fondo. La norma da claves para la ubicación de cada punto de muestreo según estos tipos. Así por ejemplo, una ubicación de un punto de muestreo orientado al tráfico debe ser “representativo de la calidad del aire de un segmento de

3. Antecedentes

calle no inferior a 100 m de longitud” y en el apartado de microimplantación se dice que “en la medida de lo posible, los puntos de muestreo deberán estar situados a 25 m del límite de los cruces principales y a una distancia no superior a 10 m del borde de la acera”.

Para el O₃, la macroimplantación sigue unas guías según los cuatro tipos de estación que se definen como “urbana, suburbana, rural y rural de fondo”.

La Directiva requiere de la elaboración de planes de mejora de la calidad del aire ambiente con detallada información. En su Anexo XV se incluye un punto donde se pide detallar información del origen de la contaminación: se debe incluir una lista de las principales fuentes de emisión, la cantidad de emisión de esas fuentes, así como la contaminación que pueda estar llegando de otros lugares.

En lo que respecta al material particulado atmosférico en suspensión, la Directiva 1999/30/CE en su momento es transpuesta al ordenamiento jurídico español al promulgarse el Real Decreto 1073/2002. Tanto la Directiva 1999/30/CE como el Real Decreto 1073/2002 recogen unos umbrales para PM₁₀ a cumplir en dos fases. La Fase I establece que, a fecha 1 de enero de 2005:

- a) La concentración media anual de PM₁₀ no debe ser superior a 40 µgPM₁₀/m³.
- b) El número de días que se superan los 50 µgPM₁₀/m³ no debe ser superior a 35.

La Fase II es una propuesta a revisar que establece que, a fecha 1 de enero de 2010:

- a) La concentración media anual de PM₁₀ no debe ser superior a 20 µgPM₁₀/m³.
- b) El número de días que se superan los 50 µgPM₁₀/m³ no debe ser superior a 7.

Esta segunda Fase no ha llegado a aplicarse, ya que a la vista de los conocimientos y estudios en la materia no se ha considerado adecuado y por ello, la vigente Directiva

3. Antecedentes

2008/50/CE no contempla más que los valores de la Fase I para la fracción PM_{10} en su Anexo XI.

Sin embargo, en la Directiva 2008/50/CE la fracción $PM_{2.5}$ pasa a tener unos umbrales normativos que se consolidan en el Anexo XIV. Se persigue “una reducción general de las concentraciones en el medio urbano para garantizar que amplios sectores de la población puedan disfrutar de una mejor calidad del aire”, para lo que es preciso definir los conceptos:

a) “Indicador de la exposición media” (IEM) como el nivel medio, determinado a partir de las mediciones efectuadas en ubicaciones de fondo urbano de todo el territorio de un Estado miembro, que refleja la exposición de la población: se emplea para calcular el objetivo nacional de reducción de la exposición y la obligación en materia de la concentración de la exposición.

b) “Obligación en materia de la concentración de la exposición” como el nivel fijado sobre la base del IEM con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana, que debe alcanzarse en un periodo determinado.

c) “Objetivo nacional de reducción de la exposición” como el porcentaje de reducción del IEM de la población de un Estado miembro establecido para el año de referencia con el fin de reducir los efectos nocivos para la salud humana, que debe alcanzarse, en la medida de lo posible, en un periodo determinado”.

d) “Valor objetivo” como el valor fijado con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente en su conjunto, que debe alcanzarse, en la medida de lo posible, en un periodo determinado.

3. Antecedentes

e) “Valor límite” como el nivel fijado con arreglo a conocimientos científicos con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente, que debe alcanzarse en un periodo determinado y no superarse una vez alcanzado.

Estableciendo que:

a) Para el año 2020 se alcanzará el objetivo nacional de reducción de la exposición en relación con el IEM de referencia del año 2010 (calculado este IEM de referencia del año 2010 como la concentración media de los años 2008, 2009 y 2010) según la información de la Tabla 3.10. Por tanto el objetivo (para la media de estaciones del fondo urbano del IEM de España) habría de ser como máximo de $18 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ para 2020.

Tabla 3.10. Objetivo nacional de reducción de la exposición para $\text{PM}_{2.5}$.

Concentración inicial en $\mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$	Objetivo de reducción en %
≤ 8.5	0%
> 8.5 a 13	10%
≥ 13 a 18	15%
≥ 18 a 22	20%
≥ 22	Todas las medidas adecuadas para alcanzar $18 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$

b) Para el año 2015 se deben alcanzar $20 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ como obligación en materia de concentración de la exposición.

c) Para el 1 de enero de 2010 el valor objetivo de un año civil es $25 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$.

3. Antecedentes

d) El valor límite se presenta en dos fases. En la Fase I, para el 1 de enero de 2015 el valor límite en el año civil es $25 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$; hay un margen de tolerancia del 20% el 11 de junio de 2008, que se reduce el 1 de enero siguiente y, en lo sucesivo, cada 12 meses, en porcentajes idénticos anuales hasta alcanzar un 0% el 1 de enero de 2015. En la Fase II, para el 1 de enero de 2020 el valor límite en el año civil es $20 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$, pero este valor es indicativo y se revisa en 2013 a la luz de la información de que se disponga entonces.

Por su parte, en lo que respecta al Pb en la fracción PM_{10} , la Directiva 2008/50/CE mantiene el valor límite de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año civil, valor vigente ya en la anterior Directiva 1999/30/CE y el Real Decreto 1073/2002.

Otros metales de interés ambiental en la fracción PM_{10} son el As, Cd y Ni. La Directiva 2004/107/CE fija unos valores objetivo, a alcanzar a fecha 31 de diciembre de 2012, cuyas concentraciones como promedio del año son: $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ para el As, $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ para el Cd y $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ para el Ni. Como tales “valores objetivo” que son, “deben alcanzarse en lo posible”. Además, la Directiva 2004/107/CE también incluye un valor objetivo a alcanzar en la misma fecha que los anteriores metales para un compuesto orgánico de la fracción PM_{10} : el benzo(a)pireno cuyo valor objetivo es $1 \text{ ng}/\text{m}^3$.

En cuanto al dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, gases cuyas concentraciones son estudiadas en algunas de las estaciones de esta memoria de tesis doctoral, la Directiva 2008/50/CE en su Anexo XI, mantiene los valores límite presentes en la Directiva 1999/30/CE y el Real Decreto 1073/2002. Así, para la protección de la salud humana, la concentración del SO_2 en un año civil no podrá superar $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en una hora en más de 24 ocasiones, como tampoco en más de 3 días se podrá superar una concentración media diaria de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$; para la protección de la vegetación el nivel

3. Antecedentes

crítico del SO_2 es de un promedio de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un año civil e invierno (1 de octubre a 31 de marzo). En cuanto a la protección de la salud humana para el NO_2 , el promedio de una hora no podrá ser superior a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en más de 18 veces en el año civil, a la vez que el promedio de las concentraciones de NO_2 durante un año civil tiene como valor límite $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$; para la protección de la vegetación el nivel crítico de NO_x es de un promedio de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año civil.

Por último en cuanto a contaminantes, la Directiva 1980/779/CEE, modificada por la Directiva 1989/427/CEE, establece los valores límite para las partículas totales en suspensión, las TSP. El Real Decreto 1613/1985 y el Real Decreto 1321/1992 transponen al ordenamiento jurídico español esas normas europeas. Estas directivas no quedan definitivamente derogadas hasta el 1 de enero de 2005, tal como así determina la Directiva 1999/30/CE. Con ello, y a la vista de que durante la serie de años que abarca esta tesis, para algunas de las estaciones de muestreo estudiadas, todavía estaba vigente el parámetro TSP, conviene recordar que, según el método gravimétrico, el valor límite anual de TSP es $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el valor límite diario $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que no puede superarse más de 18 veces en un año.

En la Directiva 2008/50/CE es de gran trascendencia la consideración de las contribuciones de las fuentes naturales a la hora de comprobar el cumplimiento de los umbrales normativos. En su preámbulo establece que “Las contribuciones de fuentes naturales pueden evaluarse pero no controlarse. Por consiguiente, cuando las contribuciones naturales a los contaminantes del aire ambiente puedan determinarse son la certeza suficiente, y cuando las superaciones sean debidas en todo o en parte a esas contribuciones naturales se podrán sustraer, en las condiciones establecidas en la presente Directiva, al evaluar el cumplimiento de los valores límite de la calidad del

3. Antecedentes

aire. Las superaciones de los valores límite de las partículas PM_{10} debido al vertido invernal de arena o de sal en las carreteras también podrá sustraerse al evaluar el cumplimiento de los valores límite de calidad de aire, siempre que se adopten las medidas adecuada para reducir esas concentraciones”. Con ello dedica su artículo 20 a las aportaciones procedentes de fuentes naturales; así recoge textualmente que:

“1. Los Estados miembros transmitirán a la Comisión las listas, correspondientes a un año determinado, de zonas y aglomeraciones en las que las superaciones de los valores límite de un contaminante sean atribuibles a fuentes naturales. Los Estados miembros facilitarán información acerca de las concentraciones y las fuentes y las pruebas que demuestren que dichas superaciones son atribuibles a fuentes naturales.

2. Cuando la Comisión haya sido informada de la existencia de una superación atribuible a fuentes naturales con arreglo al apartado 1, dicha superación no se considerará tal a efecto de lo dispuesto en la presente Directiva.

3. La Comisión publicará a más tardar el 11 de junio de 2010 unas directrices para la demostración y sustracción de las superaciones atribuibles a fuentes naturales.”

La Ley 34/2007 también va en esta línea, así su artículo 2 define las emisiones procedentes de fuentes naturales como “Emisiones contaminantes no producidas directa o indirectamente por actividades humanas, incluyendo fenómenos naturales tales como erupciones volcánicas, actividades sísmicas, actividades geotérmicas, incendios no intencionados en la naturaleza, vientos fuertes, sales marinas o la resuspensión atmosférica o el transporte de partículas naturales de regiones áridas”. El artículo 5 considera que estos aportes sean descontados a la hora de evaluar el cumplimiento de los umbrales normativos, con ello indica que “En caso de que para determinados contaminantes se establezcan descuentos debidos a emisiones de fuentes naturales para

3. Antecedentes

el cálculo respecto de incumplimiento de objetivos de calidad se informará adecuadamente de la metodología seguida y de la justificación para la aplicación de tales descuentos”.

En el artículo 21 de la Directiva 2008/50/CE, y en línea con lo dicho en el preámbulo de la misma junto a las superaciones naturales, se abordan las superaciones atribuibles al uso de sal o arena en las carreteras durante el invierno:

“1. Los Estados miembros podrán designar zonas o aglomeraciones dentro de las cuales se superen los valores límite de PM_{10} en el aire ambiente procedentes de la resuspensión de partículas provocada por el uso de sal o arena en las carreteras durante el invierno.

2. Los Estados miembros enviarán a la Comisión las listas de esas zonas o aglomeraciones junto con información sobre las concentraciones y las fuentes de PM_{10} en las mismas.

3. Cuando informen a la Comisión de conformidad con el artículo 27, los Estados miembros aportarán las pruebas necesarias para demostrar que dichas superaciones se deben a las partículas en resuspensión y que se han adoptado las medidas adecuadas para reducir esas concentraciones.

4. No obstante lo dispuesto en el artículo 20, en el caso de las zonas o aglomeraciones a que se refiere el apartado 1 del presente artículo, los Estados miembros solo deberán elaborar el plan de calidad del aire previsto en el artículo 23 en la medida en que las superaciones sean atribuidas a fuentes de PM_{10} distintas del uso de sal o arena en las carreteras durante el invierno.

3. Antecedentes

5. La Comisión publicará unas directrices para determinación de las aportaciones procedentes de la resuspensión de partículas provocada por el uso de sal o arena en las carreteras durante el invierno, a más tardar el 11 de junio de 2010.” Mientras no se publiquen tales directrices, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino ha elaborado una metodología que se ha ido revisando (Querol et al., 2010) y que se está aplicando desde 2001.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4. Material y métodos

En esta sección se describe el muestreo, el análisis químico del material particulado, las medidas de niveles de contaminantes en aire ambiente en la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, las herramientas de información geográfica utilizadas, el procedimiento de estudio de las intrusiones y de los episodios de polvo africano y el tratamiento estadístico que se aplica a los resultados.

4.1. Muestreo y medidas

La naturaleza de las muestras problema de esta tesis es material particulado en suspensión recogido sobre filtros de fibra de cuarzo y fibra de vidrio a través de captadores de alto volumen en tres estaciones ubicadas en el término municipal de Cartagena, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. A estas muestras se les aplica una determinación gravimétrica pesando el filtro antes y después del muestreo, en condiciones adecuadas de temperatura (21° C) y humedad (50%), para poder referenciar la masa al volumen de aire aspirado por el captador, en condiciones ambientales (y no normalizados como en el resto de contaminantes), y así ofrecer una concentración final como masa por unidad de volumen en el aire ambiente. A las muestras tomadas sobre la matriz de fibra de cuarzo también se les practican determinadas analíticas químicas.

Asimismo, también se estudian los niveles diarios de distintas fracciones de aerosol en suspensión y de los contaminantes gaseosos SO₂ y NO_x que se determinan por métodos de medida en tiempo real en las estaciones de la red de seguimiento de la contaminación atmosférica de la provincia de Murcia.

4. Material y métodos

4.1.1. Periodo de muestreo y medida

4.1.1.1. Red manual de aerosol en suspensión de Cartagena

El periodo de estudio del aerosol atmosférico en suspensión en la ciudad de Cartagena que se recoge en esta tesis se inicia el 01-01-2004 y termina el 31-12-2008. En este tiempo se toman muestras diarias de la fracción PM_{10} en los emplazamientos de Bastarreche, Santa Ana y Mompeán y de la fracción $PM_{2.5}$ en Santa Ana y Mompeán. Estas muestras se recogen sobre filtros de fibra de vidrio y filtros de fibra de cuarzo. Estos últimos son los que son sometidos a análisis de especiación química. El estudio de la especiación química corresponde con una primera campaña, 2004-2005, cuando simultáneamente se toman dos muestras diarias por semana en la fracción PM_{10} en Bastarreche y Santa Ana y $PM_{2.5}$ en Santa Ana; en una segunda campaña, 2006-2007, se toman simultáneamente dos muestras diarias por semana en las fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Mompeán. La Tabla 4.1 resume esta información que queda detallada por fracción y estación de muestreo en las líneas inferiores.

En la fracción PM_{10} el muestreo con captadores de alto volumen en la ciudad de Cartagena queda descrito para cada estación de muestreo como se indica a continuación:

Bastarreche: Se inicia el muestreo gravimétrico sobre los filtros el 01-01-2004 y se termina el 25-07-2005, rindiendo 560 muestras diarias válidas de los 572 días estudiados. El estudio químico corresponde al periodo del 25-02-2004 al 14-03-2005; entre esas fechas a 98 filtros se les realiza análisis químico de la fracción carbonosa, lixiviado y digestión.

Santa Ana: Se inicia el muestreo gravimétrico el 16-01-2004 y se termina el 02-03-2005, rindiendo 92 muestras válidas de los 92 días estudiados. A todos estos filtros se les realiza análisis químico de la fracción carbonosa, lixiviado y digestión.

4. Material y métodos

Tabla 4.1. Resumen de las determinaciones gravimétricas y químicas (digestión, lixiviado y carbonosa) realizadas a las fracciones de aerosol PM₁₀ y PM_{2.5} en las estaciones de muestreo de Bastarreche (B), Santa Ana (S.A.) y Mompeán (M) según las fechas disponibles. “X” significa ausencia de la determinación en su caso.

		PM ₁₀			
		gravimétrico	digestión	lixiviado	carbonosa
B	Muestras	560	98	98	98
	Fechas	01-01-2004 a 25-07-2005	25-02-2004 a 14-03-2005	25-02-2004 a 14-03-2005	25-02-2004 a 14-03-2005
	Cadencia	diaria	2 por semana	2 por semana	2 por semana
S.A.	Muestras	92	92	92	92
	Fechas	16-01-2004 a 02-03-2005	16-01-2004 a 02-03-2005	16-01-2004 a 02-03-2005	16-01-2004 a 02-03-2005
	Cadencia	2 por semana	2 por semana	2 por semana	2 por semana
M	Muestras	1247	86	49	49
	Fechas	26-07-2005 a 31-12-2008	06-11-2006 a 17-10-2007	06-11-2006 a 08-10-2007	06-11-2006 a 08-10-2007
	Cadencia	diaria	2 por semana	semanal	semanal

		PM _{2.5}			
		gravimétrico	digestión	lixiviado	carbonosa
B	Muestras	X	X	X	X
	Fechas	X	X	X	X
	Cadencia	X	X	X	X
S.A.	Muestras	98	98	98	98
	Fechas	16-01-2004 a 02-03-2005	16-01-2004 a 02-03-2005	16-01-2004 a 02-03-2005	16-01-2004 a 02-03-2005
	Cadencia	2 por semana	2 por semana	2 por semana	2 por semana
M	Muestras	201	95	48	48
	Fechas	01-02-2006 a 31-12-2008	06-11-2006 a 10-10-2007	06-11-2006 a 08-10-2007	06-11-2006 A 08-10-2007
	Cadencia	semanal – 2 por semana	2 por semana	semanal	semanal

4. Material y métodos

Mompeán: Se inicia el muestreo gravimétrico el 26-07-2005 y se termina el 31-12-2008, rindiendo 1247 muestras válidas de los 1255 días estudiados. El estudio químico corresponde al periodo del 06-11-2006 al 17-10-2007; entre esas fechas a 49 filtros se les realiza análisis químico de la fracción carbonosa y lixiviado mientras que se extienden a 86 los que son sometidos a digestión.

En la fracción $PM_{2.5}$ el muestreo con captadores de alto volumen en la ciudad de Cartagena queda descrito para cada estación de muestreo como se indica a continuación:

Santa Ana: Se inicia el muestreo gravimétrico el 16-01-2004 y se termina el 02-03-2005, rindiendo 98 muestras válidas de los 98 días estudiados. A todos estos filtros se les realiza análisis químico de la fracción carbonosa, lixiviado y digestión.

Mompeán: Se inicia el muestreo gravimétrico el 01-02-2006 y se termina el 31-12-2008, rindiendo 201 muestras válidas de los 201 días estudiados. El estudio químico en este caso corresponde al periodo del 06-11-2006 al 10-10-2007; entre esas fechas a 48 filtros se les realiza análisis químico de la fracción carbonosa y lixiviado mientras que se extienden a 95 los que también son sometidos a digestión.

4.1.1.2. Medidas de contaminantes atmosféricos en tiempo real en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

En el conjunto de estaciones de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia existen datos de medida de contaminantes en tiempo real en lo referente a aerosol atmosférico en suspensión, SO_2 y NO_x , desde el 01-01-1998 al 31-05-2008. En este tiempo se toman registros de las fracciones de aerosol PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} y TSP en función del parámetro normativo que en cada momento establece la legislación y la disponibilidad de equipos de medición en la provincia. En total se realiza el seguimiento

4. Material y métodos

a algunos de los llamados contaminantes criterio en quince estaciones de muestreo tal y como se presenta en la Tabla 4.2. En esta Tabla 4.2 se precisan características de las estaciones y de la monitorización de los contaminantes. Son estaciones de tipo urbano, suburbano o rural que, por los históricos problemas de contaminación que afectan a la ciudad de Cartagena (Moreno-Grau, 2006), tienden a ubicarse en el propio término municipal de esta ciudad o en sus alrededores. Así sólo se hallan fuera de la Comarca del Campo de Cartagena las estaciones de Alcantarilla, Lorca, San Basilio, y Caravaca.

Tabla 4.2. Descripción de las estaciones estudiadas y los parámetros medidos en continuo desde enero de 1998 hasta Mayo de 2008. “Contaminante: disponibilidad” resume el periodo cuando un contaminante es registrado indicando cada contaminante seguido por meses y años. NO_x: suma de NO + NO₂; m.s.n.m.: Metros sobre nivel del mar.

Estación	Localización (longitud, latitud y altitud)	Tipo (influencia)	Contaminante: disponibilidad (mm/aaaa)
Alcantarilla	01°13'56'' W 37°58'28'' N 80 m.s.n.m.	Suburbano (industria ligera y tráfico)	PM ₁₀ , PM _{2.5} : 03/2002-05/2008 PM ₁ : 01/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/2002-05/2008
Alumbres	00°54'50'' W 37°36'11'' N 60 m.s.n.m.	Suburbano (industria pesada y tráfico ligero)	TSP: 01/1998-11/2004 PM ₁₀ : 11/2004-05/2008 PM ₁ : 01/2003-12/2003 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
Lo Campano	00°57'27'' W 37°35'38'' N 10 m.s.n.m.	Suburbano (residencial, industria pesada y tráfico ligero)	TSP, SO ₂ : 01/1998-06/2002
San Ginés	00°57'36'' W 37°36'49'' N 10 m.s.n.m.	Urbano (residencial, industria pesada y tráfico muy ligero)	TSP: 01/1998-10/2004 PM ₁₀ : 11/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
Bastarreche	00°58'28'' W 37°36'14'' N 20 m.s.n.m.	Urbano (comercial, industria pesada y tráfico muy intenso)	TSP, NO _x , SO ₂ : 01/1998-02/2005

4. Material y métodos

Mompeán	00°58'34'' W 37°36'06'' N 12 m.s.n.m.	Urbano (comercial, industria pesada y tráfico moderado)	NO _x , SO ₂ : 07/2005-05/2008 PM ₁₀ : 01/2006-05/2008
Escombreras (reubicación el 8 de Junio de 2007 en un enclave próximo)	00°57'43'' W 37°34'05'' N 5 m.s.n.m.	Suburbano (industria pesada y tráfico ligero)	TSP: 01/1998-11/2004 PM ₁₀ : 11/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
La Asomada	00°58'00'' W 37°37'50'' N 30 m.s.n.m.	Rural (industria ligera y tráfico muy ligero)	TSP, SO ₂ : 01/1998-12/2001
Santa Ana	01°00'40'' W 37°39'10'' N 15 m.s.n.m.	Suburbano (residencial y tráfico muy ligero)	TSP, SO ₂ : 01/1998-12/2001
La Unión	00°53'22'' W 37°36'56'' N 105 m.s.n.m.	Suburbano (residencial, industria y tráfico ligeros)	PM ₁₀ , NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
La Aljorra	01°03'59'' W 37°41'41'' N 80 m.s.n.m.	Suburbano (residencial, tráfico ligero, industria moderada)	TSP: 01/1998-10/2004 PM ₁₀ : 10/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
Lorca	01°42'06'' W 37°41'21'' N 340 m.s.n.m.	Suburbano (residencial, tráfico ligero e industria moderada)	TSP: 01/2002-12/2003 PM ₁₀ : 01/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/2002-05/2008
San Basilio	01°08'46'' W 37°59'32'' N 45 m.a.s.l.	Suburbano (tráfico moderado)	PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁ , NO _x , SO ₂ : 05/2002-05/2008
Torre ciega	00°58'05'' W 37°36'59'' N 20 m.s.n.m.	Urbano (industria pesada, tráfico moderado)	SO ₂ : 01/2004-05/2008 NO _x : 11/2004-05/2008
Caravaca	01°52'07'' W 38°06'53'' N 669 m.s.n.m.	Rural	PM ₁₀ , NO _x : 11/2007-05/2008

Por su lado, se vuelven a ofrecer nuevos datos también para las estaciones de Bastarache, Santa Ana y Mompeán al formar parte de la red de vigilancia de la comunidad autónoma. Ahora bien, reseñar que los datos de aerosol en suspensión ahora ofrecidos corresponderían, con diferencia del muestreo con filtros antes referido, a equipos de medida en tiempo real. Las peculiaridades surgidas de tal circunstancia son comentadas en apartados posteriores.

4. Material y métodos

4.1.2. Emplazamientos de muestreo y medida

La Figura 4.1 indica la ubicación de las estaciones de muestreo y medida en la provincia. Se observa que once de las quince se concentran en la Comarca de Cartagena.

4.1.2.1. Red manual de aerosol en suspensión de Cartagena

Las tres estaciones de muestreo sobre las que se recoge materia particulada en suspensión teniendo un filtro como matriz son Bastarreche, Santa Ana y Mompeán.

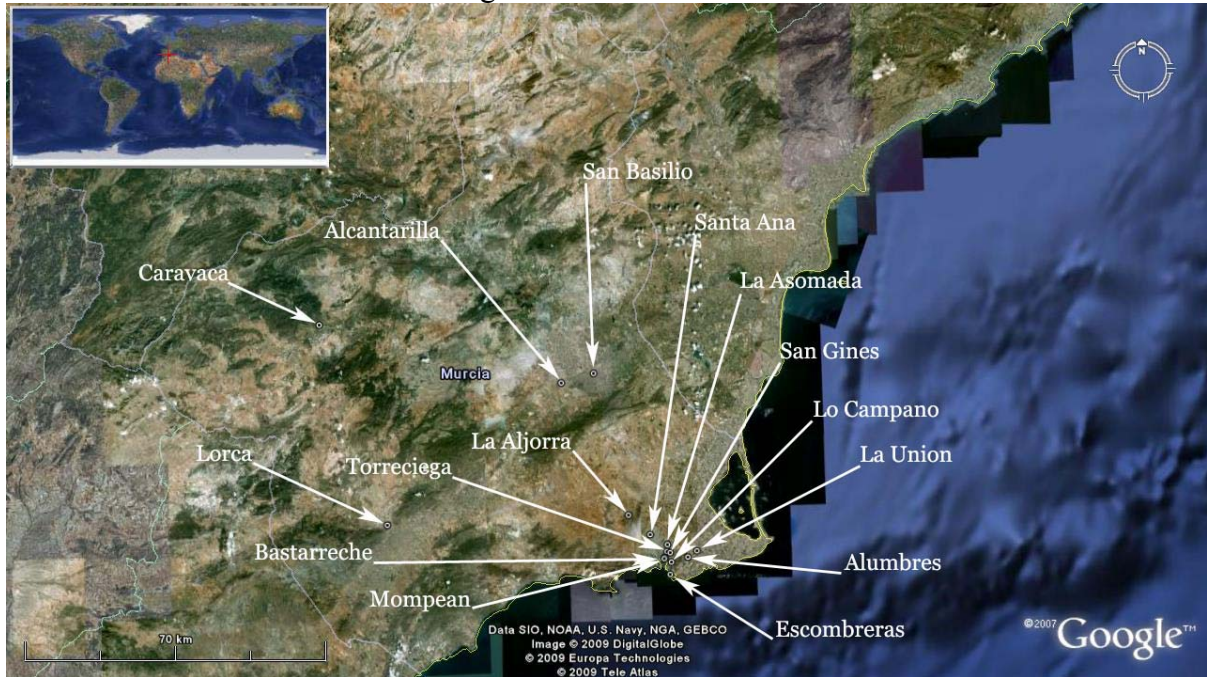
La estación de muestreo en el emplazamiento de Bastarreche 00°58'28''W 37°36'14''N, situada a 20 m.s.n.m. (metros sobre nivel del mar), es una estación de muestreo urbana, con influencias de la industria pesada propia de la ciudad donde se halla. Se ubica en una zona comercial y con la peculiaridad de que está inmersa en un cruce de vías con tal tráfico que la convierten en un “punto negro de tráfico” (*hotspot*). Esta ubicación se corresponde con la tradicional disposición de las estaciones españolas de control de la contaminación atmosférica, que respondía a la estrategia de evaluar la calidad del aire en emplazamientos muy afectados por las emisiones antropogénicas (Ley 38/1972).

Esta concepción de implantación de puntos de medida contrastaba con la búsqueda de la representatividad ambiental que normativamente ya se establecía a nivel europeo y se estaba realizando en otros países europeos (Querol et al., 2004b; Viana et al., 2008). Por lo dicho, el día 25-07-2005 esta estación causa baja en la red de seguimiento de la calidad del aire del Ayuntamiento de Cartagena así como en la de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Por tanto, los registros de contaminantes atmosféricos que hasta entonces se tomaban en Bastarreche son alejados del tráfico y

4. Material y métodos

pasan a registrarse, con fecha 26-07-2005, en la nueva estación de fondo urbano de Mompeán.

Figura 4.1. Localización de las quince estaciones de medida y muestreo estudiadas en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.



La estación de muestreo en el emplazamiento de Santa Ana $01^{\circ}00'40''W$ $37^{\circ}39'10''N$, situada a 15 m.s.n.m., es una estación de muestreo suburbana, ciertamente alejada de la intensidad fabril de los polígonos industriales más próximos a la estación de Bastarreche. Presenta las esperadas influencias que se recogen de un área residencial de tráfico ligero. No obstante, el muestreo de esta estación puede verse sesgado por trabajos de construcción y movimiento de tierras, con el consiguiente tráfico de vehículos pesados, en el entorno de la estación.

La estación de Mompeán $00^{\circ}58'34''W$ $37^{\circ}36'06''N$, está situada a 12 m.s.n.m., es una estación de muestreo urbana, con influencias de la industria pesada. Se ubica en una zona comercial, de tráfico moderado y próxima a la estación de autobuses, pero lo

4. Material y métodos

suficientemente alejada de las vías del tráfico como para dejar de erigirse en el evidente punto negro de tráfico que es su estación predecesora en Bastarreche. Esta estación es dada el alta el día 26-07-2005 en la red de seguimiento de la calidad del aire.

4.1.2.2. Medidas de contaminantes atmosféricos en tiempo real en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Tal como se dice en párrafos anteriores, una importante fuente de datos de esta tesis procede de los registros en tiempo real de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia. Estos datos están disponibles al público en la página web de la propia Red y se han ido incorporando, con la colaboración de la propia Red, a informes del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Querol et al., 2005a, 2006), además de a otros trabajos científicos (Negral et al., 2010).

Alcantarilla 01°13'56''W 37°58'28''N se sitúa a 80 m.s.n.m. Es una estación de muestreo suburbana, con leve influencia industrial y del tráfico. Se halla en la localidad del mismo nombre, próxima a la capital: Murcia.

Alumbres 00°54'50''W 37°36'11''N se sitúa a 60 m.s.n.m. Es una estación de muestreo suburbana, con influencia directa de la industria pesada de Cartagena y de un tráfico no intenso. Se halla en la localidad del mismo nombre, que también denomina a la Depresión de Alumbres, en cuyo punto más meridional antes de salir al mar Mediterráneo aparece el llamado Valle de Escombreras, lugar de asentamiento del polígono industrial donde se concentran la mayor parte de los procesos fabriles de Cartagena.

4. Material y métodos

Lo Campano 00°57'27''W 37°35'38''N se sitúa a 10 m.s.n.m. Es una estación de muestreo suburbana, con influencia directa de la industria pesada de Cartagena del contiguo Valle de Escombreras y de un tráfico no intenso al hallarse en una zona residencial de la ciudad.

San Ginés 00°57'36''W 37°36'49''N se sitúa a 10 m.s.n.m. Es una estación de muestreo urbana, con influencia de la industria pesada de Cartagena y de tráfico ligero al hallarse en una zona residencial de la ciudad.

Escombreras 00°57'43''W 37°34'05''N se sitúa a 5 m.s.n.m. Es una estación de muestreo suburbana, con influencia directa de la industria pesada del propio Valle de Escombreras y de tráfico ligero. Esta estación de muestreo es reubicada en junio de 2007 en una posición cercana.

La Asomada 00°58'00''W 37°37'50''N se sitúa a 30 m.s.n.m. Es una estación de muestreo rural, que aunque en el término municipal de Cartagena, la influencia de la industria está más alejada que en otras estaciones, con un movimiento de tráfico poco intenso.

La Unión 00°53'22''W 37°36'56''N se sitúa a 105 m.s.n.m. en el término municipal del mismo nombre, rodeado por el de Cartagena. Es una estación de muestreo suburbana, de una zona residencial con menor influencia industrial que Alumbres y de ligero tráfico.

La Aljorra 01°03'59''W 37°41'41''N se sitúa a 80 m.s.n.m. Es una estación de muestreo suburbana, en una zona residencial del término municipal de Cartagena, de tráfico ligero y con la influencia industrial no tan acusada del polígono industrial del Valle de Escombreras, aunque con una planta cercana de transformación petroquímica.

4. Material y métodos

Lorca 01°42'06''W 37°41'21''N se sitúa a 340 m.s.n.m. Es una estación de muestreo suburbana, en una zona residencial del término municipal de Lorca, con moderada influencia industrial y tráfico ligero.

San Basilio 01°08'46''W 37°59'32''N se sitúa a 45 m.s.n.m. Es una estación de muestreo suburbana, con influencia de tráfico moderada en el término municipal de Murcia capital.

Torre ciega 00°58'05''W 37°36'59''N se sitúa a 20 m.s.n.m. Es una estación de muestreo urbana, en un punto del término municipal de Cartagena con tráfico moderado y bajo la influencia de la industria pesada de la ciudad.

Caravaca 01°52'07''W 38°06'53''N se sitúa a 669 m.s.n.m. Es una estación de muestreo de carácter rural ubicada al noroeste de la provincia, alejada de destacables focos de contaminación antrópica.

La descripción de la ubicación de los equipos en continuo en las estaciones de Bastarache, Santa Ana y Mompeán es la misma que la anterior de esas estaciones para los equipos de muestreo de materia particulada sobre filtros.

4.1.3. Equipos de muestreo y medida

Al requerir la normativa vigente (Real Decreto 1073/2002 y Directiva 2008/50/CE) a las administraciones competentes que alerten a la población de niveles de contaminantes que puedan suponer riesgo, es lógico disponer de equipos que estén analizando en tiempo real los contaminantes criterio y así emitir las alertas en tiempo real. Sin embargo, una situación paradójica se da cuando un método de referencia para un contaminante criterio no está basado en medidas en tiempo real. Tal es el caso de la medida del aerosol en suspensión PM_{10} por la norma UNE-EN 12341:1999. Esta

4. Material y métodos

condición puede conllevar una pérdida de exactitud de los equipos de medida en continuo respecto del método de referencia. De ahí que sean necesarios ejercicios para validar la equivalencia entre ambos métodos tal y como recoge el documento “Guidance to member states on PM₁₀ monitoring and intercomparisons with the reference method” (Williams y Bruckmann, 2002). De ello se hablará en las siguientes páginas. En este apartado se va a aportar la información de los equipos de medida en continuo usados en la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Región de Murcia como en el muestreo de aerosol sobre filtros llevado a cabo paralelamente en Bastarreche, Santa Ana y Mompeán.

En cuanto a los equipos usados para la medida de SO₂ en las estaciones de la red de vigilancia de la comunidad autónoma son TERMO ELECTRÓN 43B y MONITOR EUROPE ML-9850B. Estos equipos se basan en la técnica analítica de la fluorescencia ultravioleta tal como se describe en el método de referencia en la norma UNE-EN 14212:2006.

Los equipos usados para la medida de NO_x son SIR S5012. Se basan en la técnica analítica de la quimiluminiscencia tal como se describe en el método de referencia en la norma UNE-EN 14211:2006.

4.1.3.1. Red manual de aerosol en suspensión en Cartagena

Los equipos de muestreo en discontinuo de partículas en suspensión en Cartagena son captadores secuenciales de alto volumen DIGITEL DHA-80 y PM1025 MCV con aspiración nominal de aire ambiente de 30 m³/hora. Portan cabezales acoplados de corte selectivo para la fracción PM₁₀ y PM_{2.5} en cada caso correspondiente. La Figura 4.2

4. Material y métodos

muestra imágenes del captador DIGITEL DHA-80 instalado en la estación de muestreo de Mompeán.

Figura 4.2. Imágenes del equipo de muestreo gravimétrico para las partículas en suspensión en la estación de muestreo de Mompeán. a) Estación de muestreo de Mompeán donde se hace seguimiento de gases y material particulado en suspensión (ver detalles en la Tabla 4.1). b) Cuadro de mandos, rotámetro, cono de succión y filtros en el captador usado para muestreo en discontinuo de material particulado en suspensión modelo DIGITEL DHA-80. c) Toberas que consiguen separar el aerosol menor al diámetro de corte seleccionado. d) Plato impregnado de vaselina con aquellas partículas mayores del diámetro aerodinámico nominal retenidas tras ser separadas al atravesar el flujo las toberas.

a)



b)



c)



d)



4. Material y métodos

Este equipo consta de un cabezal con unas aperturas laterales por las que el aire ambiente es succionado para luego ser conducido por unas toberas de tal diámetro que motivan un aumento de la velocidad del fluido. El diseño de esas toberas va orientado a que las partículas de un tamaño de corte mayor al nominal abandonen el seno del fluido e impacten contra un plato impregnado de vaselina para quedar en él retenidas. Aquellas partículas cuyo tamaño sea igual o inferior al nominal de corte continúan su trayecto en el fluido hasta llegar al filtro, donde finalmente quedan retenidas. Por tanto, es este filtro la matriz de la muestra de la materia particulada recogida.

El modelo DIGITEL DHA-80 lleva un rotámetro que registra el volumen realmente muestreado y sensores de temperatura y presión. Recoge estos valores para cada muestra bien sobre papel térmico o bien almacenándolos en una tarjeta informática de memoria desde la que luego se vuelca la información. El equipo realiza automáticamente, según su programación a las 0:00:00 horas de cada día, el cambio de bastidor a través de un brazo articulado.

4.1.3.2. Medidas de contaminantes atmosféricos en tiempo real en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

Los equipos de medida de niveles de partículas en suspensión en tiempo real en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia se basan en la técnica de la microbalanza oscilante con los modelos TEOM 1400A (por sus siglas del inglés *Tapered Element Oscillating Microbalance Method*) y TEOM 1400AB y en la técnica de la dispersión del haz láser (*scattering*) con el modelo GRIMM 1107.

La técnica de la microbalanza oscilante consiste en un brazo oscilante sujeto por uno de sus extremos y libre por el otro. En el último se coloca un filtro sobre el que se hace

4. Material y métodos

pasar la muestra de aerosol que ha superado el cabezal de corte requerido. La deposición de las partículas sobre este filtro motivaría el cambio de la frecuencia de vibración que es considerado para retroalimentar el dispositivo y establecer la concentración en partículas en aire ambiente. Un artefacto negativo al medir con este equipo es el calentamiento que sobre la muestra se provoca, con la consiguiente pérdida de compuestos semivolátiles (Allen et al., 1997; Muir, 2000; Williams y Bruckmann, 2002; Greenwell et al., 2002).

La técnica de la dispersión del haz láser empleada en el equipo GRIMM 1107 se basa en la diferente intensidad de la señal provocada por una partícula según su tamaño cuando atraviesa el haz. La intensidad de la señal recogida por un detector es transformada en masa por un algoritmo.

4.2. Procesamiento de las muestras

La labor de obtención y validación de información de las variables ambientales es distinta si procede de métodos en continuo o en discontinuo. Los equipos en continuo requieren un mantenimiento que aseguren que las medidas en el tiempo permanecen dentro de una incertidumbre aceptable. Los equipos en discontinuo, además, necesitan que para que el resultado sea de calidad, el tratamiento dado en el laboratorio a la muestra no incremente excesivamente la deseable baja incertidumbre del propio dispositivo de muestreo.

4.2.1. Red manual de aerosol en suspensión en Cartagena

Se usan tres tipos de filtro de 150 mm de diámetro en el muestreo: sólo para determinación gravimétrica, de fibra de vidrio Albet GF-A sin ligante; para

4. Material y métodos

determinación gravimétrica y especiación química, de fibra de cuarzo Albet FQT y QF20 Schleicher & Schuell. Los filtros de fibra de cuarzo que se someten a especiación química son 469. De ellos 385 son aportados por el laboratorio de Geoquímica Ambiental del Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona. Estos filtros siguen todo el procedimiento que se describe en los siguientes párrafos. Una menor cantidad de filtros de cuarzo, 84 en total, es aportada por el laboratorio de investigación de Química del Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Cartagena. Los filtros de este último laboratorio siguen un procedimiento similar, pero con condiciones menos estrictas por motivos operativos en cuanto a estabilización y repetición de las pesadas.

4.2.1.1. Pretratamiento

Los filtros son rotulados a la vez que se guardan los correspondientes blancos de cada lote.

Se introducen en estufa durante cuatro horas a 200° C al objeto de asegurar la eliminación de los compuestos volátiles que porten.

Se estabilizan en desecador a temperatura y humedad relativa controladas según las normas UNE-EN 12341:1999 y UNE-EN 14907:2006.

Se van pesando los filtros una vez al día, en días consecutivos hasta alcanzar la estabilidad en la pesada que se da como válida. Entre una y otra pesada vuelven al desecador.

Los filtros son guardados en papel de aluminio y en un sobre hasta su colocación en el bastidor de muestreo.

4. Material y métodos

4.2.1.2. Tratamiento

4.2.1.2.1. Determinación gravimétrica

Tras muestrear, los filtros son doblados a la mitad con las caras interiores muestreadas enfrentadas.

De vuelta al laboratorio los filtros muestreados son acondicionados de nuevo a temperatura y humedad relativa controladas según las normas UNE-EN 12341:1999 y UNE-EN 14907:2006.

Tras estabilización de al menos un día, se van pesando los filtros sucesivamente cada 24 horas hasta que se puede dar un valor final.

La diferencia entre la masa del filtro tras muestrear y la masa del filtro antes de muestrear dividida por el volumen de aire ambiente muestreado permite referir las concentraciones de partículas como masa de partículas por volumen de aire:

$$\frac{[(\text{gramos filtro con muestra}) - (\text{gramos filtro sin muestra})] \times 10^6}{\text{m}^3 \text{ aire muestreado}} = [\text{PM}]$$

Donde:

[PM] = concentración de material particulado en aire ambiente en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

4.2.1.2.2. Determinaciones químicas

Finalizada la determinación gravimétrica se inicia la analítica química. El filtro se corta en tres porciones que experimentan métodos destructivos de la muestra: una mitad del filtro se destina a análisis de digestión, un cuarto a análisis de lixiviación y el último cuarto de filtro a la determinación de la fracción carbonosa. Al objeto de minimizar el efecto de distribución de las partículas sobre el filtro por el contacto de sus caras interiores cuando este había sido doblado, la mitad del filtro que se somete a digestión es perpendicular a la dirección del doblez.

4. Material y métodos

4.2.1.2.2.1. Digestión química

Mediante ataque ácido se obtiene una disolución final sobre la que determinar elementos insolubles, metales pesados y otros elementos traza.

Se introduce la mitad del filtro en una bomba de teflón PFA de 60 ml. Se añaden 2.5 ml de HNO_3 y 5 ml de HF que disuelve la fracción insoluble además de la propia sílice constitutiva del filtro. La bomba se cierra y se introduce en la estufa durante un mínimo de ocho horas a 90°C . Luego se saca la bomba y se deja enfriar a temperatura ambiente. Seguidamente se añaden 2.5 ml de HClO_4 para disolver la materia orgánica resistente al HNO_3 y la bomba abierta se coloca sobre una placa calefactora a 200°C hasta la evaporación completa y formación de la perla inorgánica. Esta perla se recupera añadiendo 2.5 ml de HNO_3 sobre ella y se le va adicionando agua bidestilada (grado Milli-Q) a la bomba para recuperar la disolución a un matraz aforado de 50 ml hasta enrasar. La disolución final está al 5% de HNO_3 lista para ser analizada por ICP-AES e ICP-MS.

Simultáneamente a la digestión de los filtros muestreados, se toma una mitad del filtro blanco del lote a la que se somete a idéntico tratamiento y otra mitad de blanco a la que se le adiciona una cantidad pesada del estándar certificado NBS 1633b para seguir igualmente el mismo tratamiento. Estas operaciones permiten sustraer los niveles de fondo de las especies químicas y asegurar la calidad del análisis.

Los valores del análisis instrumental son procesados para dar una concentración en aire ambiente como:

$$\frac{[(C_i - C_{\text{blk}}) \times V_{\text{ml}}] \times 2}{V_t} = [\text{especie química}]$$

Donde:

[especie química] = concentración del analito en aire ambiente en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

4. Material y métodos

C_i = concentración de la especie química i en la solución problema ($\mu\text{g/ml}$)

C_{blk} = concentración de la especie química i en la solución del blanco en ($\mu\text{g/ml}$)

V_{ml} = volumen total enrasado (ml)

V_t = volumen total de aire muestreado (m^3)

Se multiplica por 2 al estar digiriendo una sola mitad del filtro.

Las técnicas analíticas para el análisis cuantitativo de la disolución resultante de la digestión son el plasma acoplado por inducción con detección por espectrometría de emisión atómica (ICP-AES) y el plasma acoplado por inducción con detección por espectrometría de masas (ICP-MS). Por ICP-AES se analizan los elementos en mayores concentraciones de la disolución de la digestión: Al (Al_2O_3), Ca, K, Na, Mg, Fe, S (SO_4^{2-}), P y Ti. Por ICP-MS se analizan los elementos traza de la disolución de la digestión: Li, Co, As, Se, Rb, Y, Zr, Cd, Sn, Sb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Hf, Tl, Th, U y Mo. El hecho de llevar a cabo el análisis en paralelo de ICP-AES e ICP-MS permite, gracias a la incorporación de una cantidad de patrón certificado NBS 1633b, tomar la medida más exacta de aquel ICP para el que la exactitud sea mayor en los elementos: V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba y Pb.

4.2.1.2.2. Lixiviación

Mediante adición de agua a un cuarto de filtro se lixivian las concentraciones de aquellos analitos hidrosolubles que se hayan recogido sobre el filtro.

Se introduce una cuarta parte del filtro troceado en un bote de PVC. Se pesan 30 g de agua bidestilada sobre el bote con el filtro troceado. Se cierra el bote y se lleva al ultrasonidos durante 20 minutos. Tras ello se saca del ultrasonidos y se deja el bote

4. Material y métodos

durante ocho horas en la estufa a 60° C. Posteriormente se saca de la estufa, se filtra el contenido con un filtro Whatman nº 5 y así la disolución está dispuesta para el análisis instrumental.

Una cuarta parte del filtro blanco del lote correspondiente se somete a idéntico tratamiento para sustraer los niveles de fondo de las especies químicas.

La disolución va al equipo de análisis instrumental correspondiente. En la primera campaña de muestreo, 2004-2005, la cromatografía iónica se usa para la cuantificación de Cl^- y NO_3^- ; NH_4^+ es determinado por electrodo selectivo. En la segunda campaña de muestreo la cromatografía iónica se usa para la cuantificación de F^- , Cl^- , NO_3^- , NH_4^+ y las fracciones solubles de los cationes Na^+ , Mg^{2+} , K^+ y Ca^{2+} . La concentración de SO_4^{2-} , si bien es lixiviable, siempre se ha determinado estequiométricamente a partir de la concentración analítica de S determinada por el ICP-AES.

Los valores del análisis instrumental son procesados para dar una concentración en aire ambiente como:

$$\frac{[(C_i - C_{\text{blk}}) \times V_{\text{ml}}] \times 4}{V_t} = [\text{especie química}]$$

Donde:

[especie química] = concentración del analito en aire ambiente en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

C_i = concentración de la especie química i en la solución problema ($\mu\text{g}/\text{ml}$)

C_{blk} = concentración de la especie química i en la solución del blanco ($\mu\text{g}/\text{ml}$)

V_{ml} = volumen de agua Milli-Q usada en la lixiviación (ml)

V_t = volumen total de aire muestreado (m^3)

Se multiplica por 4 al estar lixiviando una sola cuarta parte del filtro.

4. Material y métodos

4.2.1.2.2.3. Análisis de la fracción carbonosa

El cuarto de filtro restante se utiliza para la determinación de la fracción carbonosa. En la primera campaña, 2004-2005, se utiliza un analizador elemental de carbono; en la segunda campaña, 2006-2007, se utiliza un analizador termo-óptico. En ambos casos el valor de la materia orgánica más el carbono elemental (OM+EC) es estimado utilizando un factor multiplicativo de 1.2 (Turpin et al., 2000; Negral et al., 2008) sobre los resultados del carbono total y para tener en cuenta el peso de los heteroátomos en la materia orgánica.

Una cuarta parte del filtro blanco del lote correspondiente se somete a idéntico tratamiento para sustraer los niveles de fondo de carbono.

El procedimiento de cálculo de las concentraciones tiene siempre en cuenta el área trepanada del cuarto de filtro a introducir al analizador elemental o termo-óptico. En el caso del analizador elemental, a las muestras a introducir se les añade V₂O₅.

Los valores del análisis instrumental son procesados para dar una concentración en aire ambiente como:

$$\left[\frac{(C_i - C_{\text{blk}})}{A_t} \right] \times \left(\frac{A_f}{V_t} \right) = [\text{especie química}]$$

Donde:

[especie química] = concentración del analito en aire ambiente en µg/m³

C_i = concentración del carbono en la muestra problema (µg)

C_{blk} = concentración del carbono en el blanco (µg)

A_t = área del trépano (cm²)

A_f = área total del filtro (cm²)

V_t = volumen total de aire muestreado (m³)

4. Material y métodos

4.2.1.2.2.4. Determinaciones indirectas y nomenclatura de las variables

Algunos factores se usan para tratar de determinar empíricamente especies relevantes pero para las que métodos de la química clásica pudiera haber presentado serios inconvenientes.

Así por ejemplo, la presencia de SiO_2 es muy importante en el peso del aerosol al ser el constituyente mayoritario de la corteza terrestre (Harris, 1980); pero la propia composición de los filtros es cuarzo o vidrio y, por tanto, convierte a la sílice en la especie de constitución de la matriz. Con ello, se estaría incurriendo en determinar un analito sobre una matriz constituida por el mismo analito. La ecuación propuesta (Pey Betrán, 2007) a partir de estudios con filtros de nitrato de celulosa y de la bibliografía disponible (Dulac et al., 1992; Molinaroli et al., 1993) propone:

$$\text{SiO}_2 = 3 * \text{Al}_2\text{O}_3.$$

El carbonato es dado a partir de la estequiometría que supondrían tener Ca y Mg formando su sal:

$$\text{CO}_3^{2-} = 1.5 * \text{Ca} + 2.5 * \text{Mg}.$$

Los diferentes sulfatos son definidos a partir de la concentración de Na. De esta manera se define el SO_4^{2-} marino como:

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ marino} = \text{Na} * 0.25.$$

Por tanto, el sulfato no marino queda definido como:

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ no marino} = \text{SO}_4^{2-} (\text{sulfato total}) - \text{SO}_4^{2-} \text{ marino}.$$

Otras combinaciones lineales de algunos analitos se utilizan en algún momento para hacer agrupaciones de especies químicas según su origen o comportamiento común, por algún interés. Tal es el caso de:

4. Material y métodos

Los compuestos inorgánicos secundarios (SIC, por sus siglas del inglés *Secondary Inorganic Compounds*) definidos como:

$$\text{SIC} = \text{SO}_4^{2-}{}_{\text{no marino}} + \text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+.$$

La fracción crustal o mineral, aludiendo a los elementos mayoritarios de la corteza terrestre:

$$\text{Aerosol crustal} = \text{SiO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Ca} + \text{Fe} + \text{K} + \text{Mg}.$$

La fracción de aerosol marino, aludiendo a aquellas especies cuyo origen dominante se atribuye al mar:

$$\text{Aerosol marino} = \text{Na} + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}{}_{\text{marino}}.$$

Los metales trazas, aquellos no mayoritarios que como resultado de los análisis de especiación química llevados a cabo incluyen:

Trazas = Li, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Hf, Tl, Pb, Th, U y Mo.

Por otro lado, decir que el resto de variables se representa por su símbolo químico o fórmula química. En el caso de los cationes que se determinan además de por ICP por cromatografía iónica para la campaña 2006-2007, se coloca el subíndice “sol” para los cationes cuantificados cromatográficamente y así diferenciarlos de los cationes que también son cuantificados por ICP.

Por último, en el caso de los valores diarios de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ se ha colocado una “M” al final de ellos si aluden exclusivamente al peso de sólo aquellos días cuando también hay algún análisis químico. Estos pesos “ PM_{10}M ” y “ $\text{PM}_{2.5}\text{M}$ ” pueden o no coincidir con PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, lo que se puede comprobar en la Tabla 4.1.

4. Material y métodos

4.2.2. Equipos y reactivos en el procesamiento de las muestras

Los modelos de la balanza de precisión para pesar los filtros y los equipos de análisis instrumental para cada analito son los siguientes:

Balanza: SARTORIUS LA 130 S-F.

Plasma acoplado por inducción con detección por espectrometría de emisión atómica (ICP-AES): IRIS Advantage TJA Solutions, THERMO.

Plasma acoplado por inducción con detección por espectrometría de masas (ICP-MS): X Series II, THERMO.

Cromatografía aniónica: HPLC (High Performance Liquid Chromatography) con columna WATERS IC-pakTM y detector de conductividad WATERS 432; y el equipo Metrohm 761 Compact con columna A SUPP 5-100 y detector Suppressed CD.

Cromatografía catiónica: Dionex DX-120 con columna Dionex CS12 (10-32) P/N 44001 y detector CDM-3 P/N 050776.

Electrodo selectivo de amonio: MODEL 710 A+, THERMO Orion.

Analizador elemental de carbono: analizador de carbono LECO.

Analizador termo-óptico de carbono: Analizador OCEC Sunset Laboratory con la técnica TOT (Birch y Cary, 1996).

Los ácidos usados fueron Merck Pro-análisis: HClO₄ 60%, HNO₃ 65% y HF 40%.

4.3. Herramientas de información geográfica

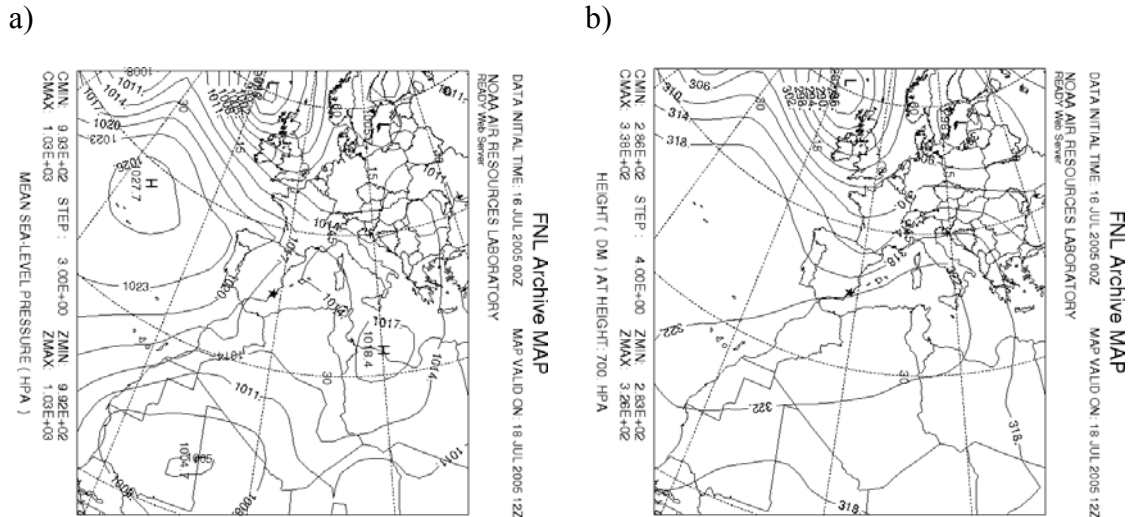
4.3.1. Meteorología

Para la definición de los escenarios atmosféricos que condicionan fenómenos como los transportes transcontinentales masivos de partículas se requiere que los sistemas de presiones sean lo suficientemente potentes como para propiciar tales advecciones. Los

4. Material y métodos

mapas de altura geopotencial son valiosas herramientas para poder interpretar las condiciones sinópticas con los flujos de las masas de aire que se asocian. En esta tesis estos mapas se obtienen diariamente del Air Resources Laboratory de la NOAA a partir de la información de las bases de datos meteorológicas de ámbito global FNL desde enero de 2004 a diciembre de 2006 y GDAS desde enero de 2007 a mayo de 2008. Estos mapas se recopilan a distintas alturas geopotenciales. En la Figura 4.3a aparece el mapa de condiciones sinópticas a nivel medio de presión del mar el 18 de julio de 2005 y a 700 hPa en la Figura 4.3b para ese mismo día.

Figura 4.3. Mapa de condiciones sinópticas el 18 de julio de 2005. a) Situación sinóptica a nivel medio de presión del mar (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA). b) Situación sinóptica a 700 hPa (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA). Estos mapas se graban diariamente y son de gran utilidad para interpretar la dinámica de las masas de aire.



El cálculo de las retrotrayectorias isentrópicas de las masas de aire se representa sobre un mapa y apunta a su origen. Cada día se ha hecho uso del software proporcionado por el Air Resources Laboratory de la NOAA (Draxler y Hess, 2005)

4. Material y métodos

para calcular las retrotrayectorias de las masas de aire que llegan a Cartagena a 750 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), 1500 m.s.n.m. y 2500 m.s.n.m. con recuperación de sus trayectorias durante cinco días anteriores a las 12:00 UTC de la jornada de llegada. Para caracterizar los episodios de niveles de partículas, se determinan ocho orígenes de las masas de aire en la Región de Murcia. Estas ocho categorías son descritas siguiendo estudios previos (Querol et al., 2005a; Negral et al., 2008) y están basadas en las zonas de procedencia de las masas de aire. Ya que la malla de este modelo proporciona una resolución espacial de 90 kilómetros (Pey Betrán, 2007), una grabación diaria de este modelo se asume como representativa para todas las estaciones de muestreo de la Región de Murcia. Los ocho sectores se esbozan en la Figura 4.4 y corresponden con “AN” Atlántico Norte, “ANW” Atlántico Noroeste, “AW” Atlántico Oeste, “ASW” Atlántico Suroeste, “ASW” Atlántico Suroeste, “NAF” Norteafricano, “ME” Mediterráneo, “EU” Europeo y “RE” Regional.

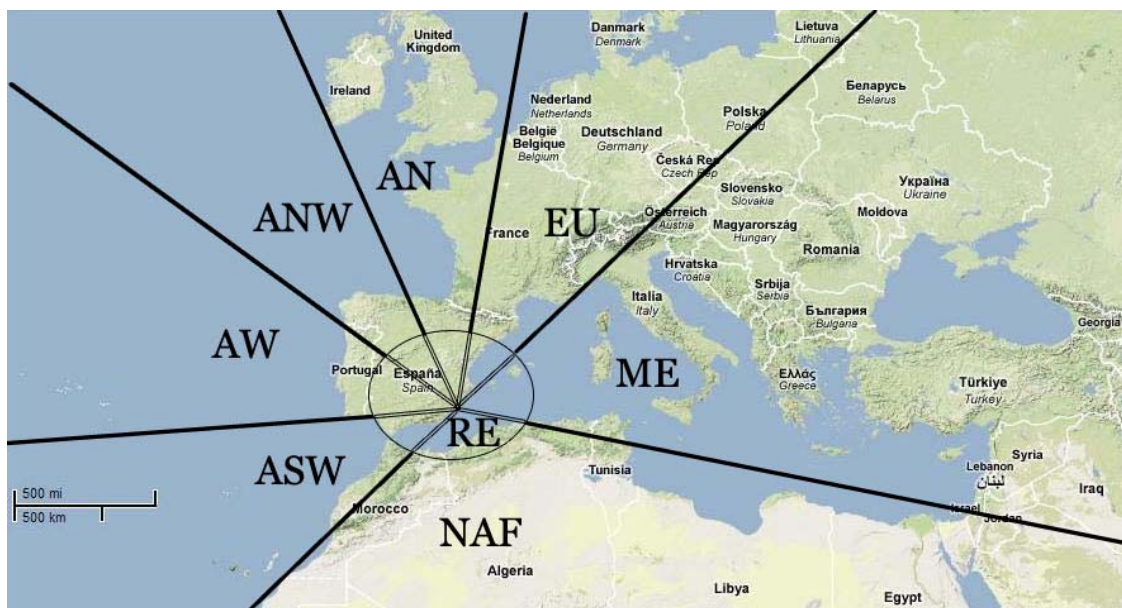
Los valores de la velocidad y dirección de viento en Cartagena que se usan en esta tesis proceden de dos estaciones meteorológicas distintas correspondientes con periodos de tiempo consecutivos. De enero de 2004 a diciembre de 2007 se utilizan los registros de la estación meteorológica ubicada en el antiguo edificio administrativo del Ayuntamiento de Cartagena ($0^{\circ}58'49''W$ $37^{\circ}36'17''N$, 30 m.s.n.m). Desafortunadamente, deja de funcionar el 19 de octubre de 2007 y es a partir del 1 de enero de 2008 cuando se vuelve a disponer de datos de viento, pero en una nueva estación meteorológica en una posición sensiblemente distinta, en el Valle de Escombreras ($00^{\circ}57'43''W$ $37^{\circ}34'05''N$, 5 m.s.n.m) apartada del casco urbano y con unas condiciones topográficas que fuerzan al viento a mostrar distintos rumbos

4. Material y métodos

dominantes en la rosa de vientos de la estación meteorológica anterior. Una ilustración de esta circunstancia aparece en la Figura 4.5.

Los registros pluviométricos en la ciudad de Cartagena desde enero de 1998 a mayo de 2008 que se utilizan en los siguientes apartados corresponden con los suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología, cuya estación meteorológica tiene las coordenadas 0°59'12.2''W y 37°36'08''N a una elevación sobre el nivel del mar de 17 metros.

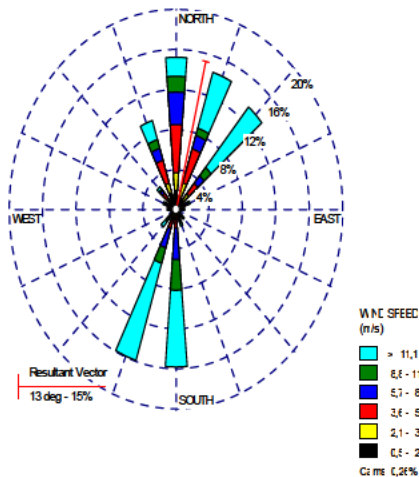
Figura 4.4. Áreas de origen de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia. “AN” Atlántico Norte, “ANW” Atlántico Noroeste, “AW” Atlántico Oeste, “ASW” Atlántico Suroeste, “NAF” Norteafricano, “ME” Mediterráneo, “EU” Europeo y “RE” Regional (fuente: elaboración propia a partir de Google Earth).



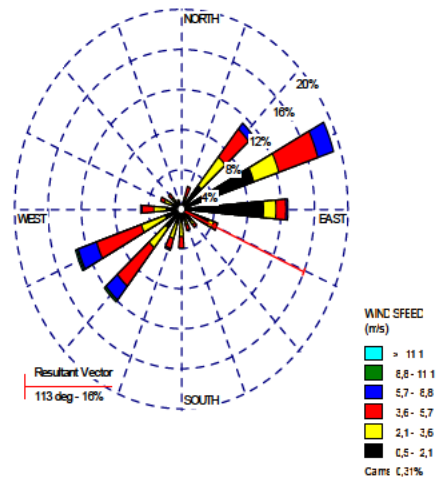
4. Material y métodos

Figura 4.5. Rosas de viento de las dos estaciones meteorológicas de las que se toman los rumbos en los dos periodos de estudio: desde 2004 a 2007 en el antiguo edificio administrativo del Ayuntamiento de Cartagena (0°58'49''W 37°36'17''N, 30 m.s.n.m.) y a partir de 2008 en el Valle de Escombreras (00°57'43''W 37°34'05''N, 5 m.s.n.m.). a) Rosa de vientos para el Ayuntamiento en el periodo de funcionamiento en 2007 (01/01/2007-19/10/2007). b) Rosa de vientos para el Valle de Escombreras en el periodo de estudio de 2008 (01/01/2008-31/05/2008).

a)



b)



4.3.2. Mapas de aerosoles

Desde el 1 de enero de 2004 al 31 de mayo de 2008 se graban diariamente los mapas de concentraciones de aerosol ofrecidos por varios modelos accesibles telemáticamente: BSC-DREAM, NAAPS y SKIRON.

BSC-DREAM. El Barcelona Supercomputing Center-Dust Regional Atmospheric Modelling (Nickovic et al., 2001; Pérez et al., 2006a, 2006b) ofrece un producto que se compone de un mapa de isobaras a nivel de superficie con la precipitación acumulada con el paso de las horas y la concentración prevista del aerosol de origen africano a nivel de superficie. El mapa de concentración de polvo a nivel de superficie en cada día a las 12:00z horas es valioso para identificar los episodios de polvo sobre un área. Este

4. Material y métodos

modelo también ofrece algún producto complementario como los mapas de carga de polvo en altura, cobertura nubosa y deposición de aerosol por vía seca y húmeda. Estos últimos se pueden cotejar con los anteriores para diferenciar el alcance de la intrusión a distintas alturas y su presencia en un área acorde al tiempo. Los mapas de polvo en superficie y de carga de polvo en altura se guardan diariamente desde el 1 de enero de 2004 al 31 de mayo de 2008. Hasta junio de 2005 eran generados por Euro-Mediterranean Centre on Insular Coastal Dynamics (ICoD) y desde entonces por el BSC.

NAAPS. Los productos ofrecidos por el Navy Aerosol Analysis and Prediction System del Naval Research Laboratory (NRL) generan mapas de aerosoles para distintas regiones del planeta con información de la atenuación óptica causada por el espesor de la columna del aerosol según sea su naturaleza de polvo mineral, sulfatos o aerosoles carbonosos. Además, ofrece a nivel de superficie la concentración de polvo mineral, sulfatos y aerosoles carbonosos producidos por combustión de biomasa. El empleo de estos mapas es un buen complemento, aparte de en la identificación de los episodios de polvo africano, también en las fechas cuando se producen incendios forestales o masas de aire envejecidas con alta concentración de sulfatos europeos que alcanzan el área de estudio: Cartagena. Estos mapas se recopilan diariamente desde el 1 de enero de 2004 al 31 de mayo de 2008.

SKIRON (Kallos et al, 1997). La Universidad de Atenas dispone de un conjunto de mapas que abarcan desde la concentración de polvo a valores de su deposición. Asimismo, también se ofrece un amplio espectro de variables meteorológicas. Los mapas de carga de polvo en altura se han venido guardando diariamente para las 12:00z horas desde el 1 de marzo de 2005 al 31 de mayo de 2008, los de concentración de

4. Material y métodos

aerosoles a nivel de superficie desde el 1 de noviembre de 2007 al 31 de mayo de 2008, pues es un producto que se ofrece con posterioridad por parte de la Universidad de Atenas. Son valiosos para detectar las intrusiones, pese a que sus estimaciones cuantitativas pueden mostrar algún desajuste con los niveles reales de partículas.

4.3.3. Imágenes de satélite

Las imágenes de satélite son una herramienta visual de la detección de las intrusiones y otros fenómenos que puedan ser visibles desde el espacio como los grandes incendios. Por esta razón se guarda la imagen diaria de aquel día en que se identifica alguno de estos eventos. Ya que son fotografías de la Tierra a gran distancia, el alcance en altura está limitado y la escala limita el afino geográfico en el alcance horizontal del fenómeno que se está produciendo; también la cobertura nubosa puede camuflarlo. Con estas salvedades, la cadencia de la publicación de las imágenes permite realizar un seguimiento fiable temporal y espacial como en el caso del episodio de polvo africano de la Figura 5.32 que alcanza Cartagena el día 18 de mayo de 2006. La Figura 4.6 muestra la imagen de satélite de la génesis de esa intrusión en Nigeria y Chad el día 10 de mayo de 2006. En cambio en la Figura 4.7 ya se presenta una imagen de satélite en la que se aprecia el aporte de polvo africano sobre Cartagena el día 22 de agosto de 2006. Las fuentes que suministran imágenes de satélite utilizadas son: Sea WIFS NASA Project (McClain et al., 1998) y el Modis Rapid Response Team, NASA Goddard Space Flight Center.

4. Material y métodos

Figura 4.6. Imagen de satélite del día 10 de mayo de 2006 tomada de Sea WIFS NASA. Se puede observar la génesis de la pluma de polvo que alcanza la Región de Murcia días después y se ilustra en la Figura 5.32.

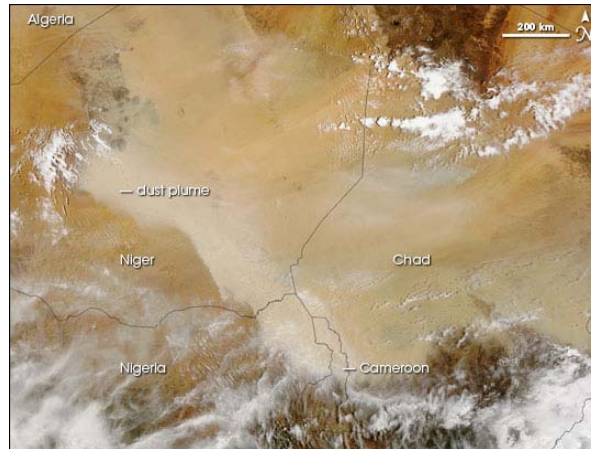


Figura 4.7. Imagen de satélite del día 22 de agosto de 2006 tomada de Sea WIFS NASA. Es notorio el penacho de polvo que afecta al sureste de la Península Ibérica durante el episodio de polvo africano.



4.4. Estudio de las intrusiones de masas de aire africano

Las intrusiones de masas de aire africano, que transportan polvo procedente de los desiertos del Sahara-Sahel, son uno de los fenómenos naturales que con mayor frecuencia alteran la calidad del aire de las regiones del sur de Europa (Molinaroli et al., 1993; Artíñano et al., 2001; Reis et al., 2002; Gobbi et al., 2007). Aunque su alcance no se limita a los países mediterráneos, pues se detecta en el norte de Europa e incluso América (Perry et al., 1997; Ansmann et al., 2003; Müller et al., 2003; Prospero et al., 2005), la cercanía del sureste ibérico a los desiertos emisores de partículas acentúa la

4. Material y métodos

intensidad en la Región de Murcia. Sin embargo, los escenarios bajo los que estas partículas de polvo llegan a Cartagena son diversos en tiempo e intensidad según se explica en siguientes apartados. De este modo, la identificación e intensidad de la intrusión sobre Cartagena es un reto a abordar empleando numerosas fuentes de información.

En esta tesis se estudian las intrusiones de masas de aire que aporten polvo africano que afectan a la Región de Murcia desde enero de 2004 a mayo de 2008.

4.4.1. Procedimiento de identificación de intrusiones

El procedimiento general para la identificación de intrusiones que afectan a las fracciones de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en España y Portugal lo describen Williams y Bruckmann (2002) y Querol et al. (2007a, 2010). En él se consideran los siguientes postulados:

Los episodios de intrusiones de polvo africano que llegan a una zona alcanzan a todas las estaciones que están en esa zona.

En las estaciones de fondo regional se detecta más fácilmente una intrusión, pues la fluctuación de valores con y sin intrusión no tiene la influencia directa y constante de otras fuentes, tal como ocurre en aquellas estaciones orientadas al control en áreas urbanas o industriales.

Con los mapas de condiciones sinópticas se interpreta el sistema motor de presiones que marca la pauta general en los flujos de las masas de aire.

Los flujos de masas de aire que llegan a una zona son visualizados modelando las retrotrayectorias de las masas de aire a cinco días y para varias alturas al llegar a un lugar.

4. Material y métodos

Los mapas de concentración de aerosol ofrecen el alcance de la masa de partículas minerales del polvo de los desiertos africanos.

Con las imágenes de satélite se visualiza, en la medida de lo posible, la masa de aire pulverulenta, pues su trazador es el color parduzco de las arenas desérticas superpuesto a la región de alcance.

4.4.2. Procedimiento de cuantificación de la carga neta de polvo africano sobre los niveles de PM₁₀

Para determinar cuál es la contribución del episodio de polvo africano al material particulado atmosférico en cada día se pueden seguir varias opciones. Entre ellas están metodologías basadas en la especiación química (Reff et al., 2007; Viana et al., 2008) y/o de tipo empírico teniendo en consideración los niveles en estaciones de fondo regional (Escudero et al., 2007; Pey Betrán 2007).

El método de la especiación química es de gran exactitud y con él se puede controlar la calidad de la estimación en la contribución. El paquete estadístico correspondiente permite atribuir una masa a la intrusión, lo que se puede llevar a cabo por técnicas de análisis factorial, tal como se verá en siguientes capítulos. El inconveniente es el elevado coste diario de un análisis químico con gran cantidad de analitos a cuantificar. Esto lo hace inviable para realizar la cuantificación de la intrusión rutinariamente.

Otra metodología que ya ha sido utilizada por algunos autores (Escudero et al., 2007; Pey Betrán 2007) propone considerar la variación de los niveles de partículas antes y durante la intrusión en estaciones de fondo regional que actúan de referencia. Siguiendo un método empírico, la estación de referencia servirá para cuantificar la carga neta de polvo que será la cantidad a descontar para todas aquellas estaciones que se

4. Material y métodos

hallen en su radio de influencia. Los pasos a seguir al objeto de cuantificar el aporte africano a los niveles de PM_{10} en las estaciones de Cartagena son los siguientes:

a) Determinación de la contribución regional de cada día sobre la estación de fondo regional de referencia.

Se calcula diariamente un valor que se atribuye como la carga de fondo regional en cada estación de fondo regional que va a ser referente; evidentemente ese valor no debe incluir el aporte africano.

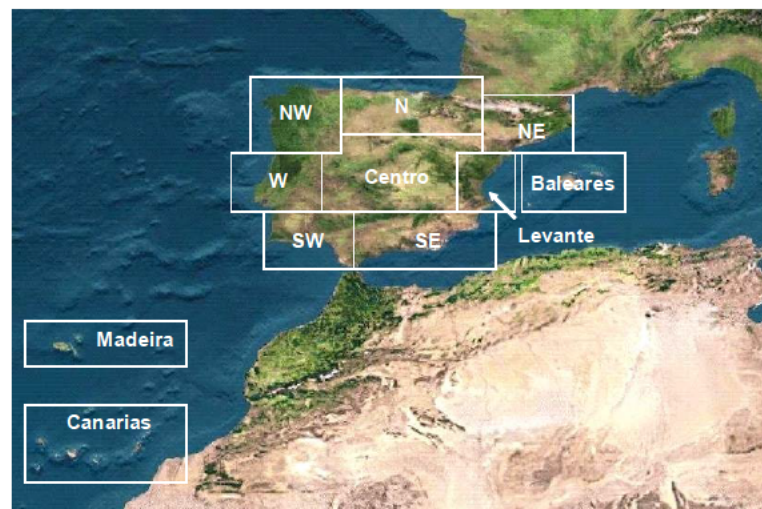
Las estaciones de fondo regional más próximas a Cartagena (Figura 4.8), con datos disponibles válidos desde enero de 2004 a mayo de 2008, son Níjar (353 m.s.n.m., a 129 Km lineales de Cartagena, en la provincia de Almería), Zarra (523 m.s.n.m., a 166 Km lineales de Cartagena, en la provincia de Valencia) y Víznar (1071 m.s.n.m., a 230 Km lineales de Cartagena, en la provincia de Granada). Cartagena, tal como se encuadran los sectores de referencia para España y Portugal de la Figura 4.9 (Querol et al., 2006), se sitúa dentro del sector Sureste (SE) cuya estación de referencia de la Red EMEP (del inglés *European Monitoring and Evaluation Programme*, que es el Programa concertado de seguimiento y de evaluación del transporte a gran distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa) es Víznar. Sin embargo, la estación de fondo regional de Níjar, sin pertenecer a la Red EMEP, se halla también en el sector SE, más próxima a Cartagena y a menor altitud, por lo que se da preferencia al dato de esta estación frente al de Víznar. Zarra, que se halla en el sector Levante, es otra estación de la Red EMEP cuyas concentraciones son utilizadas en los días cuando se detecta intrusión en Cartagena y en el sector Levante, pero no así en el sector SE.

4. Material y métodos

Figura 4.8. Distancia de las estaciones de seguimiento de la contaminación atmosférica orientadas al fondo regional más próximas a Cartagena. Víznar (pertenece a la red EMEP) y Níjar se encuadran dentro del sector SE y Zarra (pertenece a la red EMEP) dentro del sector Levante (fuente: elaboración propia a partir de Google Earth).



Figura 4.9. Distribución de la Península Ibérica y archipiélagos de Baleares, Canarias y Madeira por sectores para establecer estaciones de fondo regional de referencia (fuente: tomado de Querol et al., 2006).



Las estaciones orientadas a la medida del fondo regional de partículas, además de este fondo regional también registran aportes provenientes de otras fuentes, sean contribuciones de polvo africano, locales u ocasionales de otro tipo. Las estaciones de

4. Material y métodos

fondo regional, por su propia naturaleza, tratan de colocarse alejadas de aportes cercanos que alteren la concentración y composición del fondo regional.

El percentil 30 móvil de 30 días, centrado en el decimoquinto, para cada día de medida, sin considerar aquellos valores de los días que hay episodio de polvo africano, es el valor que se considera la contribución regional en ese día.

b) Determinación de la carga neta de polvo africano de cada día sobre la estación de fondo regional de referencia.

Este valor es calculado para cada día, restando al valor PM_{10} de ese día de la estación de fondo regional el valor de PM_{10} de la contribución regional hallado en el punto anterior. La contribución de polvo africano es la concentración que se asume que llega a todas las estaciones que tienen por referente a esa estación de fondo regional.

c) Cálculo de la carga neta anual.

El valor de PM_{10} sin el aporte de polvo africano se obtiene de restar al valor de PM_{10} de la estación de Cartagena, la carga neta de polvo africano determinada en el punto anterior. La media anual sin influencia de polvo se obtiene al calcular el valor medio de todos los días del año, siendo el valor de PM_{10} para los días de intrusión, el valor sin el aporte africano. La diferencia entre las medias anual original y la calculada según lo expuesto refleja la carga media anual de polvo africano a los niveles medios de PM_{10} .

d) Superaciones del valor límite de PM_{10} .

Se identifican aquellas superaciones al valor límite diario de PM_{10} que dejan de serlo una vez sustraída la carga diaria de polvo africano.

Es muy importante resaltar que los datos de medida de la calidad del aire no son alterados. Estos, tras su validación, son remitidos al Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, que a su vez los remite a la Comisión Europea. En documentos

4. Material y métodos

anexos a los datos originales se adjunta la lista de superaciones (causados por episodios africanos) así como la carga neta anual al polvo africano calculada según el apartado c) anterior.

Los puntos anteriores constituyen el procedimiento general que sigue la metodología empírica. Sin embargo, ya se ha indicado que el encuadre de Cartagena en el sector SE no siempre es solidario con el resto de estaciones del sector. También se ha introducido la posibilidad de que la intrusión sea en el sector Levante y se detecte en Cartagena pero no en las estaciones de referencia del sector SE. Con esto se introduce una serie de supuestos que en Cartagena se desvían del procedimiento general de la metodología empírica. Esta metodología se aplica en esta tesis a los valores gravimétricos de las estaciones de Bastarreche, Santa Ana y Mompeán en Cartagena. Los tipos de casos problemáticos y las vías de solución propuestas se detallan así:

a) No se detecta intrusión en Cartagena pero sí en las estaciones de fondo regional de los sectores SE y/o Levante: ese día se considera que en las estaciones de Cartagena no se capta polvo africano sobre el filtro.

b) Sólo se detecta la intrusión en Cartagena pero no en las estaciones de fondo regional de los sectores SE ni Levante: ese día se supone que sobre Níjar, la estación de fondo regional más próxima a Cartagena, llega la intrusión aunque realmente no lo haga. Con esta consideración se sigue el protocolo habitual como si realmente también hubiese intrusión sobre Níjar. Si el dato de Níjar está perdido, se consideraría el de Víznar y si este también estuviera perdido entonces se tomaría el de Zarra.

c) Se detecta la intrusión en Cartagena y en Zarra, pero no en las estaciones del sector SE: ese día se sigue el protocolo habitual tomando Zarra como la estación de

4. Material y métodos

fondo regional de referencia para seguir la metodología y hallar la carga neta de polvo africano.

d) Tras calcular la carga neta de polvo de PM_{10} en la estación de fondo regional es mayor que la concentración de Cartagena: ese día se considera la carga neta de polvo de otra de las estaciones de fondo regional de los sectores SE o Levante manteniendo la preferencia de Níjar sobre Víznar y Víznar sobre Zarra.

e) La carga neta de polvo en la fracción PM_{10} de las tres estaciones de fondo regional es superior a la concentración de PM_{10} de Cartagena: ese día es asignado el percentil 30 medio móvil del PM_{10} de la estación de Cartagena excluidos los días de intrusión.

f) La carga neta de polvo en la fracción PM_{10} de alguna de las tres estaciones de fondo regional es menor a la concentración de PM_{10} de Cartagena, pero al restarla de la concentración de PM_{10} en Cartagena la concentración final es inferior a $10 \mu gPM_{10}/m^3$; se mantiene el valor obtenido.

4.5. Herramientas estadísticas

Los estadísticos descriptivos de una variable proporcionan información sobre las características matemáticas del conjunto de datos de la variable. Puesto que el gestor de la contaminación atmosférica necesita interpretar gran cantidad de información, la estadística se convierte en una herramienta con la que se pueden encauzar las decisiones apropiadas.

Dado este paso, se pueden llevar a cabo tests estadísticos para probar si los descriptivos de las variables difieren “significativamente” unos de otros por algún tipo

4. Material y métodos

de agente. Sea este temporal, espacial, metodológico o cualquier otro que apunte a una posible distinción.

Aparte de la estadística descriptiva y su consiguiente exploración de diferencias, se llevan a cabo análisis de correlación entre variables de manera múltiple. La asociación de varias variables que tienen un alto grado de correlación puede apuntar a un patrón de comportamiento común para ellas. Entonces estas variables se pueden agrupar en lo que se conoce como un “factor”. Estos análisis buscan encontrar un número de factores que puedan ser interpretados de manera robusta, tanto por los resultados matemáticos como por su comprensión frente a la realidad física del problema.

El último paso estadístico más relevante que se lleva a cabo en esta tesis es la estimación del aporte en el tiempo de los factores obtenidos; es decir, modelizar cuánto contribuirían a la concentración de las variables primigenias de ser ellos sus fuentes virtuales. Esta es la labor ejecutada por los modelos de receptor utilizados: el Análisis de Componentes Principales con Regresión Lineal Múltiple (ACP-RLM) (*Principal Component Analysis-Multiple Linear Regression, PCA-MLR* por sus siglas en inglés) y la Factorización Matricial por Positivación (*Positive Matrix Factorization, PMF* por sus siglas en inglés).

4.5.1. Paquetes estadísticos empleados

Aunque el volcado inicial de todos los datos se produce a bases de datos de Microsoft Excel versión 2003, luego se van importando estas a distinto software según el trabajo que se hace con ellas.

4. Material y métodos

4.5.1.1. SPSS 16.0

El paquete estadístico SPSS en su versión 16.0 se utiliza para proporcionar los estadísticos descriptivos de las variables determinadas en PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Bastarreche, Santa Ana y Mompeán. Se aportan los datos de exploración de las variables: el número de muestras válidas; las medidas de posición como el mínimo, máximo, media aritmética y media geométrica; las medidas de dispersión como el error típico de la media y desviación típica de la media; y las medidas de distribución de las frecuencias como la asimetría con su error típico y la curtosis con su error típico. Se ofrecen asimismo los valores de estos estadísticos cuando los datos son segmentados por criterios temporales (años), espaciales (tipo de estación), circunstanciales (existencia o no de intrusión) y meteorológicos (dominancia de los rumbos de viento en días cuando la presencia de la intrusión arroja diferencias significativas en una variable).

La representación de las barras de error con un intervalo de confianza para la media del 95%, permite intuitivamente comprobar si la segmentación desvela la existencia de diferencias significativas, al nivel del 95%. Así es que estos gráficos se incorporan en los resultados.

Aunque las barras de error son intuitivas, la determinación de si una aparente diferencia visual se confirma o no de manera sólida requiere la consolidación con los tests estadísticos que se ejecutan también con SPSS 16.0. La primera hipótesis que se contrasta es si las frecuencias de una variable se distribuyen conforme a la distribución normal. La prueba apropiada para ello es el test de Kolmogorov-Smirnov. Aunque en este texto se ofrecen los resultados del p-valor para cada contraste, la frontera del p-valor que se sigue para aceptar o rechazar un contraste corresponde con $p\text{-valor} = 0.05$.

4. Material y métodos

Muchas variables se consiguen normalizar tomando logaritmos. Así, para aquellas variables que no muestran normalidad se les calculan sus logaritmos y luego se repite el test de Kolmogorov-Smirnov para contrastar, en este caso, su lognormalidad. Al objeto de mantener homogeneidad en el tratamiento de las variables y dado que el supuesto de normalidad de la distribución de la variable no es condición *sine qua non* para mantener la validez de otras pruebas *a posteriori* (Trigo et al., 2000), a partir de este momento siempre se consideran las variables sin tomar sus logaritmos.

Se utiliza la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis cuando se pretende contrastar si un agente de diferenciación con dos opciones arroja diferencias significativas entre ambas opciones. Si ese agente o factor de diferenciación presenta más de dos opciones, se ejecuta el ANOVA de un factor con sus consiguientes pruebas Post Hoc. La prueba de ANOVA de un factor determina si hay diferencia inter-grupos, es decir, si se puede afirmar que la presencia del factor distingue significativamente a los grupos, y sus pruebas Post Hoc indican si hay diferencias intra-grupo, es decir, cuáles son los casos que muestran diferencias significativas con cada uno de los otros. Las pruebas Post Hoc se presentan con dos test distintos: Asumiendo varianzas homogéneas se pide el test DMS (Diferencias Menos Significativas) y no asumiendo varianzas homogéneas se pide el test de Tamhane. Ya que sendos test aluden a la homocedasticidad de varianzas, se presenta previamente el test de Levene para contrastar si las varianzas son homogéneas; de esta manera se lee posteriormente el resultado del test DMS o de Tamhane según corresponda.

4. Material y métodos

4.5.1.2. Statistica 4.2

Con este software se lleva a cabo el análisis de componentes principales con regresión lineal múltiple sobre los valores de las variables de la primera campaña de muestreo (2004-2005) del aerosol muestreado por el método gravimétrico en Cartagena (estaciones de muestreo de Bastarreche y Santa Ana). Los factores obtenidos se interpretan como patrones comunes de comportamiento y, en último término, fuentes.

La posterior regresión lineal múltiple que se utiliza para definir contribuciones de esos factores o “fuentes” a la muestra de un día también se completa con Statistica 4.2.

Los resultados del análisis factorial se exportan a Microsoft Excel 2003, donde se multiplican los coeficientes de regresión por el aporte diario de cada factor (*score*) para producir la estimación final de contribución de cada factor a cada variable. Se construye así un modelo del que se puede comparar la determinación analítica frente a la que este modelo de receptor propone para la secuencia temporal.

4.5.1.3. EPA PMF3.0

Este software se utiliza para realizar la factorización matricial por positivación “PMF”. Lo suministra la Agencia Ambiental Americana (EPA) a través de la página web: <http://www.epa.gov/heads/products/pmf/pmf.html>.

Ofrece amplias prestaciones en cuanto a los gráficos que permite crear. Pues, visualmente se puede comprobar sin salir de la aplicación: la incertidumbre frente a la contribución por variable; las contribuciones de cada factor a la variable gravimétrica en el tiempo; el peso que las variables tienen en cada factor (es decir, el perfil del factor); la distribución anual, estacional y semanal del factor; el ajuste de las concentraciones observadas frente a las predichas por el modelo en cada variable; las concentraciones

4. Material y métodos

observadas y predichas en cada variable por el modelo en el tiempo; el tipo de distribución de los residuos; la representación de las contribuciones de un factor frente al otro para visualizar solapamientos; las contribuciones de cada factor a cada variable en su conjunto; la validación de los factores por análisis de remuestreo (*bootstrap*) y la optimización en la rotación de los factores con el *Fpeak*.

Como en toda aplicación de la PMF, se requiere de la matriz de especiación de las muestras y de la matriz de incertidumbre asociada a ella. EPA PMF3.0 requiere que las concentraciones de la matriz de especiación sean incorporadas directamente al modelo sin transformación matemática previa, es posteriormente cuando se llevan a cabo las ponderaciones (Reff et al., 2007).

4.5.2. Contribución de fuentes al material particulado

Cuando una gran cantidad de variables está disponible como es el caso de aquellas de Bastarreche, Santa Ana y Mompeán, se puede intentar reducir su información para mejorar la comprensión del sistema gracias a las técnicas de análisis factorial (FA) (Hopke, 1992). Lo que se logra es un mínimo número de factores que resumen la mayor cantidad de información sobre las especies. Los factores no son fuentes. La identificación de fuentes con factores sigue el planteamiento de una estrategia estadística diferente: el Balance Químico de Materia (Rizzo y Scheff, 2007). Sin embargo, las especies que experimentan comportamientos similares, o de un mismo origen, aparecerán habitualmente en un mismo factor; por consiguiente esto explica por qué un factor puede estar influido considerablemente por una fuente y, en último término, la asociación entre un factor y una fuente probable (Tanner y Wong, 2000). En Bastarreche y Santa Ana, campaña 2004-2005, se aplica un análisis factorial con

4. Material y métodos

extracción de la información por el método del análisis de componentes principales. Esto puede ayudar en la interpretación de los factores como fuentes. Sin embargo, todas aquellas variables que no sean constituyentes del aerosol no se incluyen en el análisis factorial final cuando, como en este caso, se va a realizar regresión lineal múltiple para aportar una contribución de cada factor a la concentración de partículas (Thurston y Spengler, 1985). Además, para todas las estaciones de muestreo (campañas 2004-2005 y 2006-2007) se aplica la PMF.

La PMF es un modelo de receptor en el que la manifestación de cada variable en el perfil de cada factor es forzado a tener valores positivos. Esto no ocurre así en la extracción de factores por la técnica de ACP, donde los perfiles de los factores tienen cargas factoriales o *factor loadings* positivos y negativos; la aparición de valores negativos con la PMF desaparece y es de utilidad en la medida en que no es fácil interpretar “contribuciones negativas” en los factores. Los resultados son forzados a que ninguna muestra tenga una contribución negativa.

Otra diferencia operativa entre ambos modelos es que la ausencia o pérdida del valor de una de las variables en un día en el ACP conlleva o bien la pérdida del día o de la variable, lo que es realmente costoso en términos estadísticos y económicos. Sin embargo, en la PMF se aplican estrategias para suplir valores ausentes de modo asumible al reducir el peso estadístico de estas situaciones.

Sin embargo, con la PMF el porcentaje que todas las especies (variables) suman en el perfil de un factor siempre es 100. Lo mismo que los porcentajes que explican todos los factores en cada especie (variable) suma 100. Esto añade cierta virtualidad a los resultados pues el hecho de que siempre se esté explicando el 100% no deja hueco a posibles factores sea cual sea su relevancia. Este problema se solventa al aplicar el

4. Material y métodos

CMB, pero entonces los perfiles de fuentes están definidos y constituyen la base de partida del modelo. Esta apreciación hace necesaria una selección juiciosa de los factores en la PMF e interpretación de los resultados.

4.5.2.1. Análisis de componentes principales y regresión lineal múltiple (ACP-RLM)

Para estos análisis la matriz de partida es la base de datos experimental realizada en Excel que recoge el conjunto de días con la concentración de cada variable ese día. Las variables utilizadas en el análisis pueden incluir gases o variables meteorológicas, ya que esto puede ayudar en la interpretación de los factores como fuentes. Sin embargo, como hemos indicado, todas aquellas variables que no sean constituyentes del aerosol no se incluyen en el análisis factorial final cuando, como en este caso, se va a realizar regresión lineal múltiple para aportar una contribución de cada factor a la concentración de partículas.

La matriz de las especies químicas con sus concentraciones diarias no incluye aquellas variables que se han determinado indirectamente como combinaciones lineales de otras. Esto motivaría una redundancia de la información desde un mismo origen.

El ACP es una técnica estadística que puede aplicarse a un conjunto de variables con el fin de reducir su dimensión, es decir, permite obtener a partir de la matriz de datos inicial, un número menor de factores que, inicialmente explican el fenómeno estudiado en su conjunto. Los factores, por tanto, son combinaciones lineales de las variables (de ahí que no se incluyan variables que ya eran combinaciones lineales de otras). Para maximizar la distancia entre factores y evitar solapamientos se optimiza la separación en el hiperespacio con la transformación ortogonal *varimax normalizad* que genera una

4. Material y métodos

matriz de componentes (*factor loadings* o pesos factoriales) por factor en la que cuanto mayor sea la relevancia de una especie en ese factor más próximo será su valor a la unidad. El número de factores se limita por el baremo de todos aquellos que tengan autovalor, valor propio o *eigenvalue* superior a 1. La varianza acumulada por los factores obtenidos para la aceptación de un análisis como representativo supera el 75% en los estudios que en esta tesis se llevan a cabo.

Siguiendo la metodología propuesta por Thurston y Spengler (1985) se ha realizado la estimación cuantitativa de la contribución diaria de los factores a cada muestra. El primer paso en el análisis es tipificar las variables de partida, en el ACP se asume que la concentración de cada elemento es consecuencia de la contribución de cada fuente en el punto de muestreo.

El paquete informático utilizado calcula a partir de la matriz de variables tipificadas, una nueva matriz, en la que aparecen tantos factores como variables de partida, y los pesos factoriales para cada factor de cada una de las variables. En esta matriz, la suma de los cuadrados de los pesos factoriales de cada variable recibe el nombre de comunalidad, y es una condición del análisis que antes de extraer los factores sea 1 para todas las variables. La suma de los cuadrados de los pesos factoriales de los factores, se denominan autovalores, valores propios o *eigenvalues*. Mientras que las comunalidades finales (una vez reducida su información al seleccionar un número determinado de factores) explican la proporción de la varianza debida a los factores seleccionados, los autovalores ofrecen un índice de la varianza explicada por cada factor (Bisquerra Alzina, 1989). Una vez extraídos los factores seleccionados por el criterio anteriormente expuesto, se realiza la rotación de la matriz, en este caso *Varimax Normalized*, que

4. Material y métodos

maximiza las diferencias de varianzas entre las variables conservando la independencia de los factores (ortogonalidad de los factores) y así se facilita la interpretación.

Como en el análisis que se ha efectuado, las variables están tipificadas, por lo que se han calculado las distancias de cada punto al valor medio de esa variable, es necesario referenciar los valores de la matriz de coeficientes respecto a una muestra “cero”, para lo cual se introduce un nuevo caso en el que los valores de todas las variables es cero. Para ello, se calcula la matriz de coeficientes (*factor score coefficients*) y se multiplica por los valores tipificados, obteniéndose una matriz en la que la suma de los pesos de cada factor constituyen la puntuación de la muestra “cero” (Viana, 2004).

A partir de la matriz *Varimax normalized* se calcula para cada día el peso o *score* de cada factor, y a estos valores se sustrae el correspondiente a la muestra “cero”, se tiene por tanto una matriz que recoge para cada día los pesos de cada factor. Con esta operación se deberían eliminar los valores negativos de los scores, sin embargo, puede ocurrir que todavía subsistan valores negativos. Para solucionar este problema se pueden seguir dos caminos, por un lado, sustituir directamente el número negativo por cero (un número negativo carece de sentido físico) o bien, definir el valor mínimo de los *scores* de cada factor y sustraer este valor a los *scores* del factor (Viana, 2004). Estos valores finales tras la eliminación de los valores negativos reciben el nombre de *scores absolutos*.

Con los *scores absolutos* diarios y la concentración de PM_{10} , $PM_{2.5}$ o variables que se quieran modelizar actuando como variable dependiente, se realiza la regresión lineal múltiple. Así se calculan los coeficientes de regresión, que al multiplicarlos por los *scores absolutos* producen la contribución en masa de cada factor a la variable dependiente (sea PM_{10} , $PM_{2.5}$ o cada una de las especies químicas).

4. Material y métodos

Tal como indica Viana Rodríguez (2003), se han encontrado algunas paradojas en emplazamientos españoles con esta metodología en el aerosol marino: los niveles de aerosol marino (factor identificado como tal por sus componentes principales *-factor loadings-*) pueden incrementarse cuando globalmente el PM₁₀ disminuye. Se propone como explicación la baja carga de partículas de las masas de aire marinas que, en cambio, van enriquecidas en los propios componentes marinos. Estas situaciones especiales sobre la “fuente” marina llevan a que en ocasiones se tengan que cambiar los signos de los *scores absolutos* negativos (para evitar contribuciones negativas) o bien a considerar la definición de la fuente marina no por el resultado del ACP sino como la determinación indirecta propuesta para la fracción marina en el apartado “4.2.1.2.2.4. Determinaciones indirectas y nomenclatura de las variables”.

4.5.2.2. Factorización matricial por positivación (*Positive Matrix Factorization, PMF*)

La PMF es una técnica de análisis de factor multivariante que descompone una matriz de datos de muestras de especiación en dos matrices, de contribución de factores y de perfil de factores, que necesitan ser interpretadas por un analista para determinar qué tipos de fuentes están representadas en base a la información de perfiles de fuentes, vientos e inventarios de emisiones (Norris et al., 2008).

La matriz de datos de especiación “X” tiene las dimensiones “i” número de muestras (días de muestreo) y “j” especies químicas determinadas. El objetivo es determinar un número de factores “p”, el perfil de especies para cada fuente y la contribución en masa de cada factor al término “x_{ij}” de la matriz:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} + e_{ij}$$

4. Material y métodos

Donde:

g_{ik} = contribución en masa del factor (“fuente”) “k” para la muestra “i”

f_{kj} = perfil del factor (“fuente”) “k” para la especie “j”

e_{ij} = residuo de la especie “j” en la muestra “i”

Además de esta matriz de especiación por muestra, se requiere de otra matriz que pondere individualmente cada dato, permitiendo al analista ajustar la relevancia de cada valor según la fiabilidad de la medida. Así, datos por debajo del límite de detección se pueden mantener para su uso en el modelo con una incertidumbre asociada incrementada para que este peso tenga menor influencia en el modelo que los valores por encima del límite de detección (Norris et al., 2008).

La solución al sistema que ofrece la PMF lo que hace es minimizar la función Q que se sustenta en las incertidumbres “u”:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left[\frac{x_{ij} - \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj}}{u_{ij}} \right]^2$$

El cálculo de las incertidumbres en esta tesis para cada analito sigue la misma metodología que la empleada en Viana et al. (2009) donde se da especial relevancia al sesgo causado por los blancos; a su vez está basada en los trabajos de Polissar et al. (1998). Para los casos particulares, cuando la concentración de una variable en una muestra está perdida, se asigna como valor la media geométrica de la variable, atribuyéndole a ese día una incertidumbre de cuatro veces la media geométrica.

4. Material y métodos

El software EPA PMF3.0 requiere un protocolo en el que se van aportando criterios de decisión al analista para ir considerando la fiabilidad de los datos. El primero es el ratio en la variable de la señal/ruido (S/N) que se define como:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - s_{ij})^2}{\sum_{i=1}^n s_{ij}^2}}$$

Este ratio S/N junto a la estadística descriptiva, permite clasificar a una variable como “mala” si $S/N < 0.2$, “débil” si $0.2 > S/N > 2$ y “fuerte” si $S/N > 2$. La implicación de la catalogación de una variable de este modo lleva a:

- a) Desestimarla si es “mala”,
- b) Triplicarle su incertidumbre si es “débil” o
- c) Mantener la incertidumbre calculada si es “fuerte”.

Aparte del ratio S/N, esta catalogación también faculta al analista a considerarla más o menos fiable según su propio criterio, lo que termina en añadir incertidumbre extra a una variable o rebajársela pasando de fuerte a débil o viceversa.

EPA PMF3.0. ofrece por defecto un número de 20 soluciones que resuelven las ecuaciones del modelo. Se pueden pedir más o menos, pero un razonamiento adecuado para estudiar la posible solución final es el valor de Q. Si $Q_{\text{robusto}} \approx Q_{\text{teórico}}$, esa solución es convergente y se puede aceptar el modelo. De todas las soluciones que cumplan esta condición la que tenga menor valor de Q es la primera a estudiar al indicar que los residuos referidos a las incertidumbres son mínimos. El análisis de los residuos y el comportamiento frente al remuestreo son otros aspectos a considerar en la propuesta de solución final.

4. Material y métodos

El $Q_{\text{teórico}}$ se define como:

$$Q_{\text{teórico}} = nm - p(n+m)$$

Donde:

n = número de especies

m = número de muestras

p = número de factores

El Q_{robusto} es el parámetro de ajuste de la ecuación superior del cálculo de Q calculado excluyendo los valores extremos. Los valores extremos se definen como aquellas muestras para las que los residuos son mayores que 4. Frente al Q_{robusto} está el $Q_{\text{verdadero}}$ que considera todos los valores, incluidos aquellos que son “valores extremos”. En los modelos donde el $Q_{\text{verdadero}} > 1.5 * Q_{\text{robusto}}$ puede estar ocurriendo que los eventos extremos estén influyendo desproporcionadamente el modelo (Norris et al., 2008).

5. RESULTADOS

5. Resultados

5.1. Red manual de aerosol en suspensión de Cartagena

5.1.1. Descripción de las variables obtenidas en la red manual de aerosol en suspensión de Cartagena

De acuerdo con lo descrito en el capítulo 4. Material y métodos, el muestreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se realizó con captadores de alto volumen con la distribución espacial y temporal de la Tabla 4.1.

Para las variables determinadas en el material particulado se procede a la realización del test de Kolmogorov-Smirnov de contraste de la distribución normal, agrupando por los tamaños PM_{10} y $PM_{2.5}$. En la Tabla 5.1 se presentan los resultados de este test para los datos generales, los datos segmentados además de por tamaño, por estación de muestreo, es decir, sea Bastarreche, Santa Ana o Mompeán. Esta decisión se fundamenta en comprobar si el distinto carácter de las estaciones de muestreo como urbano, suburbano y de tráfico arroja diferencias en la distribución de frecuencias de las especies estudiadas y, de no ser así, si sería viable simplemente comparar tamaños y no llevar a cabo la discriminación espacial en la ciudad. Si la hipótesis de la distribución normal es rechazada para un p-valor de 0.05 en una variable, se estudia la hipótesis de que esa variable siga una distribución lognormal. En la tabla se recogen en negrita los valores del nivel de significación ($n.s.$) > 0.05 . El tamaño de la muestra en cada estación y para cada variable está dado en la Tabla 4.1. Detalles de otras particularidades de las variables se presentan en el apartado “4.2.1. Red manual de aerosol en suspensión en Cartagena”. Algunas de las apreciaciones destacables que se pueden observar son comentadas en el apartado “6.1. Descripción de las variables”.

5. Resultados

5.1.2. Evolución espacial y temporal de las variables

Los estadísticos descriptivos correspondientes a las variables determinadas se ofrecen agrupando por tamaños PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la Tabla 5.2, en la que se presentan también los descriptivos segmentando, además de por tamaño, por estación de muestreo. Se aportan los datos de exploración de las variables en cada año y para el total de años: el número de muestras válidas; las medidas de posición como el mínimo, máximo, media aritmética (M.A.) y media geométrica (M.G.), las medidas de dispersión como la desviación típica (D.T.); y las medidas de distribución como la asimetría con su error típico (E.T.A.) y la curtosis con su error típico (E.T.C.). El tamaño de la muestra en cada estación y para cada variable está dado en la Tabla 4.1. Detalles de otras particularidades de las variables se presentan en el apartado “4.2.1. Red manual de aerosol en suspensión en Cartagena”.

En la Figura 5.1 se presentan los gráficos de sectores en cada estación de muestreo y para cada tamaño de partículas en cada una de las campañas de análisis químico (ver Tabla 4.1) para las fracciones mayoritarias de aerosol: OM+EC (fracción carbonosa), mineral, SIC, marino, trazas y la porción de indeterminación química, es decir, la parte no recuperada químicamente respecto de la cantidad pesada (que incluye las desviaciones provocadas por los heteroátomos en la fracción carbonosa, el agua y el error en el análisis químico).

La segmentación por fracción y tipo de estación de muestreo, es decir espacial, vuelve a tener por objeto comprobar si el distinto carácter de las estaciones de muestreo arroja diferencias en las variables estudiadas. Estas diferencias se visualizan en los gráficos de error con un intervalo de confianza para la media del 95% y,

5. Resultados

numéricamente, con la aplicación de los correspondientes test estadísticos de Kruskal-Wallis o el ANOVA de un factor con sus pruebas Post Hoc de la Tabla 5.3.

A continuación se ha realizado la prueba ANOVA para PM_{10} y $PM_{2.5}$, usando como factores las variables año, estación de muestreo, para cada año tomando como factor la estación de muestreo y viceversa. Según los registros disponibles de cada variable definidos en la Tabla 4.1, los posibles contrastes realizados son:

a) PM_{10} :

a.1) Factor año (variabilidad temporal) para comprobar diferencias significativas sobre la variable gravimétrica de 2004 a 2008 (cinco casos) y la mayor parte de las químicas de 2004 a 2007 (cuatro casos).

a.2) Factor estación de muestreo (variabilidad espacial) para comprobar las diferencias significativas sobre las variables gravimétricas y la mayor parte de las químicas en las estaciones de muestreo de Bastarache, Mompeán y Santa Ana (tres casos).

a.3) Segmentando el fichero por año y tomando por factor la estación de muestreo (variabilidad espacial por año) para comprobar diferencias en los años 2004 y 2005. En 2004 Bastarache y Santa Ana (dos casos) registran datos gravimétricos y químicos. En 2005 Bastarache, Mompeán y Santa Ana (tres casos) registran datos gravimétricos y Bastarache y Santa Ana (dos casos) registran datos químicos.

a.4) Segmentando por estación de muestreo y tomando por factor el año (variabilidad temporal por estación de muestreo) para comprobar diferencias en las tres estaciones de muestreo. En Bastarache se registran datos gravimétricos y químicos en 2004 y 2005 (dos casos). En Mompeán se registran datos gravimétricos de 2005 a 2008

5. Resultados

(cuatro casos) y químicos de 2006 a 2007 (dos casos). En Santa Ana se registran datos gravimétricos y químicos en 2004 y 2005 (dos casos).

b) PM_{2.5}:

b.1) Factor año (variabilidad temporal) para comprobar diferencias significativas sobre la variable gravimétrica de 2004 a 2008 (cinco casos) y la mayor parte de las químicas de 2004 a 2007 (cuatro casos).

b.2) Factor estación de muestreo (variabilidad espacial) para comprobar las diferencias significativas sobre las variables gravimétricas y la mayor parte de las químicas en las estaciones de muestreo de Mompeán y Santa Ana (dos casos).

b.3) No se ha realizado el estudio segmentando por año y tomando como factor estación de muestreo, ya que ningún año presenta datos de más de una estación de muestreo.

b.4) Segmentando por estación de muestreo y tomando por factor el año (variabilidad temporal por estación de muestreo) para comprobar diferencias en las dos estaciones de medida que muestrean en la fracción PM_{2.5}. En Mompeán se registran datos gravimétricos de 2006 a 2008 (tres casos) y químicos de 2006 a 2007 (dos casos). En Santa Ana se registran datos gravimétricos y químicos en 2004 y 2005 (dos casos).

Los resultados se recogen en la Tabla 5.3. Cuando existe significación estadística en la diferencia entre grupos para los factores indicados, n.s. ANOVA < 0.05 (en negrita en la tabla), se han realizado también las pruebas Post Hoc. En función de la homocedasticidad de las varianzas del test de Levene se deben utilizar diferentes contrastes, así asumiendo varianzas iguales: contraste DMS (Diferencias Menos Significativas), cuando el n.s. del test de Levene > 0.05 (en negrita en la tabla), y no asumiendo varianzas iguales: contraste de Tamhane, cuando el n.s. del test de Levene >

5. Resultados

0.05. Los detalles de otras particularidades de las variables se presentan en el apartado “4.2.1. Red manual de aerosol en suspensión en Cartagena”.

La Figura 5.2 presenta los gráficos de barras de error con el intervalo de confianza para la media al 95% para cada año y estación de muestreo para las variables gravimétricas del PM_{10} y $PM_{2.5}$ y para aquellas químicas en las que, considerando alguno de estos dos factores, se observó la existencia de diferencias significativas en la prueba ANOVA.

5.1.3. Influencia de la intrusión de masas de aire africano sobre las variables

Aparte del efecto que el espacio y el tiempo tienen sobre las variables, la intrusión de masas de aire procedentes del continente africano es un fenómeno que altera de manera notable las concentraciones de multitud de especies químicas (Guerzoni et al., 1999; Eltayeb et al., 2001; Alastuey et al., 2004; Moreno et al., 2006). En la Tabla 5.4 se presentan los estadísticos descriptivos para las variables estudiadas en los días con y sin intrusión, tanto para el total de datos en una fracción, como segmentándolos además por estación de muestreo. En la Tabla 5.5 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la detección de diferencias significativas en los valores medios de las variables cuando se considera la presencia o ausencia de la intrusión. En negrita se muestran los p-valores cuando se alcanza significación estadística en la diferencia al 95%. La ausencia de nivel de significación para alguna de las variables, indica que la prueba no se puede realizar al no haber suficientes datos disponibles.

Ya que las intrusiones de masas de aire originarias de África transportan partículas con una predominante naturaleza mineral, aunque también llegan a detectarse simultáneos incrementos de SIC (Alastuey et al., 2005), es de esperar que este aporte

5. Resultados

presente gran carga de componentes crustales. De esta manera la componente crustal puede actuar como referente de la intrusión. Se propone aquí la división de cada especie química entre la componente crustal en cada día. Posteriormente, la comparación de estas ratios en días con y sin intrusión indicaría si la especie química que se somete a modulación por la componente crustal es acarreada en la misma proporción que el crustal en días con y sin intrusión. En resumen, esta estrategia se sustenta en que la especie que aparece con la fracción crustal, si realmente es trazadora y diferenciadora de la intrusión, debe experimentar un comportamiento solidario con la fracción crustal cuando se encuentra con una nueva masa de aire, como puede ser la propia del lugar al que llega. La Figura 5.3 refleja cuál sería la evolución ideal en el comportamiento de estas ratios con y sin intrusión. Así pues, las Tablas 5.4 y 5.5 también recogen, respectivamente, los estadísticos descriptivos y resultados del test de Kruskal-Wallis, considerando la ratio propuesta en las dos fracciones de aerosol.

5.1.3.1. Influencia del viento en las variables con diferencias significativas con y sin intrusión

Se presentan en la Tabla 5.6 los estadísticos descriptivos de las variables y las ratios de la variable dividida por la componente crustal según la dirección del viento en la ciudad. Esto se hace sólo para aquellas variables y sus ratios en las que hay diferencias significativas en días con y sin intrusión. Para comprobar si este nuevo criterio de viento arroja diferencias significativas con un p-valor de 0.05, se aplica la prueba no paramétrica del test de Kruskal-Wallis, cuyos resultados se recogen en la Tabla 5.7.

La agrupación de los dominios del viento sigue el siguiente criterio:

5. Resultados

a) Los días en que la mayor parte de los veinticuatro datos del primer valor semihorario de viento (trece o más) indican una dirección en el rango 325-25°, se definen como “norte” codificándolos como “1”.

b) Los días en que la mayor parte de los veinticuatro datos del primer valor semihorario de viento (trece o más) indican una dirección en el rango 145-215°, se definen como “sur” codificándolos como “2”.

c) Los días en que la mayor parte de los veinticuatro datos del primer valor semihorario de viento (trece o más) indican una dirección en el rango no definido como “norte” ni “sur”, se definen como “resto” codificándolos como “3”.

d) Los días en que de los veinticuatro datos del primer valor semihorario de viento no hay mayoría de ninguna de las direcciones “norte”, “sur” o “resto” y dos o tres de estas direcciones tienen igual peso se definen como “dominios iguales” codificándolos como “4”.

Al producirse un cambio en el suministro de datos de viento desde la estación de medida meteorológica del Ayuntamiento de Cartagena a una nueva en el Valle de Escombreras a partir del año 2008, sólo se estudia el comportamiento del viento frente a la intrusión de 2004 a 2007. Como se observa en la Figura 4.5, las diferencias registradas en las direcciones de una y otra estación de muestreo no hacen posible fusionar sus valores.

5. Resultados

Tabla 5.1. Estudio de la normalidad en la distribución de frecuencias de las variables por el test de Kolmogorov-Smirnov para el conjunto de muestras en cada tamaño de partícula: PM₁₀ y PM_{2.5}. En caso de que no se pueda asumir la normalidad, se ofrecen los resultados del test de Kolmogorov-Smirnov contrastando la lognormalidad. Se presenta el estadístico Z de Kolmogorov-Smirnov con su nivel de significación.

a) Los datos de las estaciones de Bastarreche, Santa Ana y Mompeán se contrastan conjuntamente en la fracción PM₁₀.

Total	Normal		Lognormal	
	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
PM ₁₀	4.541	0.000	1.412	0.037
PM ₁₀ M	1.324	0.060		
OM+EC	2.556	0.000	1.323	0.060
Al ₂ O ₃	4.561	0.000	1.931	0.001
Ca	2.779	0.000	0.799	0.546
Ca _{sol}	2.281	0.000	2.157	0.000
K	2.989	0.000	1.189	0.118
K _{sol}	2.581	0.000	2.147	0.000
Na	2.563	0.000	0.790	0.561
Na _{sol}	2.917	0.000	2.068	0.000
Mg	2.642	0.000	0.882	0.418
Mg _{sol}	2.994	0.000	2.480	0.000
Fe	3.096	0.000	0.909	0.380
SO ₄ ²⁻	0.994	0.276		
NO ₃ ⁻	3.038	0.000	1.602	0.012
Cl ⁻	3.324	0.000	1.974	0.001
F ⁻	2.766	0.000	2.395	0.000
NH ₄ ⁺	2.553	0.000	2.247	0.000
Li	3.839	0.000	1.502	0.022
P	1.610	0.011	2.236	0.000
Ti	4.492	0.000	1.745	0.005
V	2.749	0.000	0.569	0.902
Cr	3.564	0.000	2.336	0.000
Mn	2.819	0.000	0.910	0.380
Co	2.742	0.000	1.495	0.023
Ni	2.434	0.000	0.805	0.536
Cu	2.529	0.000	2.656	0.000
Zn	3.513	0.000	2.755	0.000
As	2.325	0.000	0.396	0.998
Se	1.698	0.006	2.885	0.000
Rb	4.008	0.000	1.851	0.002
Sr	2.608	0.000	0.847	0.470
Y	3.027	0.000	4.018	0.000
Zr	1.760	0.004	3.076	0.000
Cd	4.540	0.000	1.343	0.054
Sn	1.678	0.007	3.218	0.000
Sb	3.211	0.000	0.644	0.802
Cs	2.982	0.000	3.048	0.000

5. Resultados

Ba	3.184	0.000	1.644	0.009
La	4.251	0.000	1.813	0.003
Ce	4.410	0.000	3.069	0.000
Pr	3.027	0.000	3.006	0.000
Nd	4.338	0.000	3.513	0.000
Hf	2.162	0.000	3.505	0.000
Tl	6.510	0.000	2.050	0.000
Pb	2.757	0.000	0.817	0.518
Th	2.649	0.000	4.868	0.000
U	2.336	0.000	3.152	0.000
Mo	5.319	0.000	3.948	0.000

b) Se contrastan aisladamente los datos de Bastarache en la fracción PM₁₀.

Bastarache	Normal		Lognormal	
	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
PM ₁₀	2.565	0.000	1.181	0.123
PM ₁₀ M	0.735	0.653		
OM+EC	1.116	0.165		
Al ₂ O ₃	2.902	0.000	1.319	0.062
Ca	0.890	0.407		
K	1.680	0.007	0.643	0.803
Na	1.395	0.041	0.493	0.968
Mg	1.355	0.051		
Fe	1.617	0.011	0.569	0.903
SO ₄ ²⁻	0.675	0.752		
NO ₃ ⁻	1.782	0.004	0.702	0.709
Cl ⁻	1.766	0.004	0.587	0.881
NH ₄ ⁺	0.928	0.355		
Li	0.998	0.272		
P	0.646	0.798		
Ti	2.481	0.000	1.014	0.255
V	1.800	0.003	0.391	0.998
Cr	2.568	0.000	1.974	0.001
Mn	1.540	0.017	0.645	0.800
Co	1.733	0.005	0.553	0.920
Ni	1.904	0.001	0.511	0.957
Cu	1.563	0.015	0.602	0.862
Zn	1.699	0.006	0.528	0.943
As	0.913	0.375		
Se	1.638	0.009	0.727	0.666
Rb	2.260	0.000	1.111	0.169
Sr	1.068	0.204		
Y	1.436	0.032	2.398	0.000
Zr	1.962	0.001	2.122	0.000
Cd	2.751	0.000	0.835	0.488
Sn	1.124	0.160		

5. Resultados

Sb	1.324	0.060		
Cs	3.849	0.000	4.067	0.000
Ba	1.633	0.010	0.671	0.759
La	2.421	0.000	1.008	0.262
Ce	2.698	0.000	1.318	0.062
Pr	1.491	0.023	1.474	0.026
Nd	2.213	0.000	1.370	0.047
Hf	1.827	0.003	1.959	0.001
Tl	3.424	0.000	2.209	0.000
Pb	1.692	0.007	0.492	0.969
Th	1.431	0.033	2.870	0.000
U	1.484	0.024	2.006	0.001
Mo	2.776	0.000	3.216	0.000

c) Se contrastan aisladamente los datos de Santa Ana en la fracción PM₁₀.

Santa Ana	Normal		Lognormal	
	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
PM ₁₀	1.316	0.062		
PM ₁₀ M	1.316	0.062		
OM+EC	1.103	0.176		
Al ₂ O ₃	2.775	0.000	1.105	0.174
Ca	1.494	0.023	0.763	0.605
K	2.005	0.001	0.767	0.599
Na	1.737	0.005	0.739	0.646
Mg	1.871	0.002	0.679	0.746
Fe	2.799	0.000	1.228	0.098
SO ₄ ²⁻	1.267	0.080		
NO ₃ ⁻	1.598	0.012	0.673	0.755
Cl ⁻	2.218	0.000	1.192	0.117
NH ₄ ⁺	1.778	0.004	0.752	0.624
Li	2.757	0.000	1.081	0.193
P	0.832	0.493		
Ti	2.746	0.000	1.116	0.166
V	1.709	0.006	0.663	0.772
Cr	1.423	0.035	0.745	0.635
Mn	2.071	0.000	0.822	0.508
Co	2.068	0.000	0.841	0.479
Ni	1.662	0.008	0.562	0.910
Cu	2.497	0.000	2.207	0.000
Zn	1.022	0.247		
As	1.085	0.190		
Se	1.073	0.200		
Rb	2.385	0.000	0.964	0.311
Sr	1.370	0.047	0.475	0.978
Y	1.984	0.001	2.426	0.000
Zr	0.880	0.421		

5. Resultados

Cd	1.709	0.006	1.462	0.028
Sn	2.213	0.000	2.374	0.000
Sb	1.484	0.025	0.884	0.416
Cs	1.814	0.003	1.491	0.023
Ba	2.947	0.000	0.920	0.366
La	2.726	0.000	1.197	0.114
Ce	2.880	0.000	1.440	0.032
Pr	1.710	0.006	1.405	0.039
Nd	2.894	0.000	2.039	0.000
Hf	1.442	0.031	1.983	0.001
Tl	4.138	0.000	1.640	0.009
Pb	1.588	0.013	0.809	0.530
Th	2.441	0.000	2.912	0.000
U	1.787	0.003	1.367	0.048
Mo	2.130	0.000	2.353	0.000

d) Se contrastan aisladamente los datos de Mompeán en la fracción PM₁₀.

Mompeán	Normal		Lognormal	
	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
PM ₁₀	2.894	0.000	1.307	0.066
PM ₁₀ M	0.997	0.273		
OM+EC	1.108	0.171		
Al ₂ O ₃	2.131	0.000	0.968	0.306
Ca	1.548	0.017	0.824	0.506
Ca _{sol}	0.629	0.823		
K	1.693	0.006	0.948	0.330
K _{sol}	1.010	0.259		
Na	1.216	0.104		
Na _{sol}	1.013	0.256		
Mg	1.011	0.258		
Mg _{sol}	1.308	0.065		
Fe	1.120	0.163		
SO ₄ ²⁻	0.568	0.904		
NO ₃ ⁻	0.851	0.464		
Cl ⁻	0.803	0.540		
F ⁻	1.252	0.087		
NH ₄ ⁺	0.586	0.883		
Li	1.805	0.003	0.837	0.485
P	0.752	0.624		
Ti	2.337	0.000	1.136	0.151
V	1.428	0.034	0.759	0.611
Cr	0.673	0.755		
Mn	1.354	0.051		
Co	1.232	0.096		
Ni	1.290	0.072		
Cu	1.501	0.022	0.494	0.968
Zn	1.498	0.022	0.793	0.556

5. Resultados

As	1.878	0.002	0.933	0.349
Se	0.567	0.905		
Rb	1.684	0.007	0.840	0.481
Sr	1.205	0.110		
Y	1.584	0.013	1.363	0.049
Zr	1.033	0.236		
Cd	2.338	0.000	0.923	0.361
Sn	1.163	0.134		
Sb	2.569	0.000	1.121	0.162
Cs	1.413	0.037	0.610	0.851
Ba	1.004	0.266		
La	1.485	0.024	1.579	0.014
Ce	1.360	0.049	1.923	0.001
Pr	1.330	0.058		
Nd	1.433	0.033	2.421	0.000
Hf	1.706	0.006	2.662	0.000
Tl	1.314	0.063		
Pb	1.888	0.002	1.195	0.115
Th	1.230	0.097		
U	1.116	0.166		
Mo	4.927	0.000	N.D.	

e) Los datos de las estaciones de Santa Ana y Mompeán se contrastan conjuntamente en la fracción PM_{2.5}.

Total	Normal		Lognormal	
	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
PM _{2.5}	1.417	0.036	0.840	0.480
PM _{2.5} M	1.061	0.210		
OM+EC	1.395	0.041	1.931	0.001
Al ₂ O ₃	2.475	0.000	1.167	0.131
Ca	2.719	0.000	1.009	0.260
Ca _{sol}	1.265	0.082		
K	1.791	0.003	0.563	0.909
K _{sol}	1.218	0.103		
Na	2.285	0.000	0.600	0.865
Na _{sol}	0.948	0.330		
Mg	2.286	0.000	1.264	0.082
Mg _{sol}	0.621	0.836		
Fe	2.299	0.000	0.698	0.714
SO ₄ ²⁻	1.310	0.065		
NO ₃ ⁻	2.812	0.000	2.521	0.000
Cl ⁻	1.220	0.102		
F ⁻	0.902	0.390		
NH ₄ ⁺	1.540	0.017	2.764	0.000
Li	4.015	0.000	1.730	0.005
P	1.426	0.034	1.492	0.023
Ti	2.805	0.000	0.728	0.664

5. Resultados

V	2.383	0.000	0.665	0.769
Cr	3.381	0.000	2.528	0.000
Mn	2.274	0.000	1.459	0.028
Co	1.625	0.010	3.810	0.000
Ni	2.284	0.000	0.855	0.457
Cu	3.628	0.000	2.169	0.000
Zn	4.035	0.000	0.825	0.505
As	3.048	0.000	0.983	0.289
Se	1.238	0.093		
Rb	2.496	0.000	0.838	0.484
Sr	2.446	0.000	1.469	0.027
Y	2.516	0.000	1.820	0.003
Zr	1.039	0.231		
Cd	3.471	0.000	2.928	0.000
Sn	2.524	0.000	2.220	0.000
Sb	4.799	0.000	1.125	0.159
Cs	2.663	0.000	4.097	0.000
Ba	2.435	0.000	3.205	0.000
La	2.759	0.000	2.171	0.000
Ce	2.953	0.000	2.883	0.000
Pr	3.029	0.000	2.628	0.000
Nd	2.895	0.000	1.733	0.005
Hf	2.744	0.000	2.806	0.000
Tl	5.650	0.000	3.328	0.000
Pb	3.136	0.000	0.750	0.627
Th	3.039	0.000	2.330	0.000
U	2.691	0.000	3.035	0.000
Mo	5.483	0.000	3.493	0.000

f) Se contrastan aisladamente los datos de Santa Ana en la fracción PM_{2.5}.

Santa Ana	Normal		Lognormal	
	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
PM _{2.5}	0.927	0.357		
PM _{2.5} M	0.927	0.357		
OM+EC	1.333	0.057		
Al ₂ O ₃	2.732	0.000	1.241	0.092
Ca	1.579	0.014	0.540	0.932
K	1.183	0.122		
Na	2.109	0.000	0.655	0.784
Mg	2.735	0.000	0.864	0.444
Fe	2.893	0.000	1.292	0.071
SO ₄ ²⁻	0.870	0.435		
NO ₃ ⁻	2.107	0.000	0.765	0.602
Cl ⁻	1.365	0.048	0.997	0.273
NH ₄ ⁺	1.588	0.013	1.034	0.236
Li	3.215	0.000	1.070	0.202
P	1.348	0.053		

5. Resultados

Ti	2.913	0.000	1.133	0.154
V	1.761	0.004	0.704	0.705
Cr	2.633	0.000	1.476	0.026
Mn	2.026	0.001	1.565	0.015
Co	1.393	0.041	2.872	0.000
Ni	1.714	0.006	0.507	0.960
Cu	2.629	0.000	2.229	0.000
Zn	2.706	0.000	1.569	0.015
As	0.984	0.287		
Se	1.552	0.016	2.449	0.000
Rb	2.360	0.000	0.959	0.317
Sr	1.621	0.010	1.163	0.134
Y	2.263	0.000	2.161	0.000
Zr	1.552	0.016	3.132	0.000
Cd	2.192	0.000	2.499	0.000
Sn	3.344	0.000	1.499	0.022
Sb	1.833	0.002	0.607	0.855
Cs	3.338	0.000	3.715	0.000
Ba	2.932	0.000	1.705	0.006
La	2.321	0.000	1.442	0.031
Ce	2.376	0.000	2.474	0.000
Pr	2.232	0.000	2.720	0.000
Nd	2.368	0.000	1.735	0.005
Hf	2.770	0.000	1.813	0.003
Tl	4.167	0.000	1.740	0.005
Pb	1.581	0.013	0.625	0.830
Th	2.191	0.000	2.579	0.000
U	3.011	0.000	3.049	0.000
Mo	3.463	0.000	3.523	0.000

g) Se contrastan aisladamente los datos de Mompeán en la fracción PM_{2.5}.

Mompeán	Normal		Lognormal	
	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)	Z de Kolmogorov-Smirnov	Sig. asintót. (bilateral)
PM _{2.5}	1.264	0.082		
PM _{2.5} M	0.828	0.500		
OM+EC	1.260	0.083		
Al ₂ O ₃	1.427	0.034	0.607	0.855
Ca	2.419	0.000	0.693	0.723
Ca _{sol}	1.265	0.082		
K	1.728	0.005	0.757	0.616
K _{sol}	1.218	0.103		
Na	1.424	0.035	0.744	0.636
Na _{sol}	0.948	0.330		
Mg	1.691	0.007	0.629	0.824
Mg _{sol}	0.621	0.836		
Fe	1.802	0.003	0.618	0.840
SO ₄ ²⁻	0.979	0.294		

5. Resultados

NO ₃ ⁻	2.055	0.000	2.885	0.000
Cl ⁻	1.152	0.140		
F ⁻	0.902	0.390		
NH ₄ ⁺	0.688	0.731		
Li	2.053	0.000	1.026	0.243
P	1.179	0.124		
Ti	1.926	0.001	0.491	0.969
V	1.579	0.014	0.477	0.977
Cr	2.224	0.000	1.400	0.040
Mn	1.794	0.003	0.558	0.914
Co	1.308	0.065		
Ni	1.530	0.019	1.186	0.120
Cu	2.190	0.000	1.437	0.032
Zn	2.291	0.000	1.113	0.168
As	1.793	0.003	0.655	0.784
Se	1.097	0.180		
Rb	1.619	0.011	0.594	0.872
Sr	2.340	0.000	0.988	0.283
Y	1.867	0.002	1.113	0.168
Zr	1.082	0.192		
Cd	2.289	0.000	0.923	0.361
Sn	1.398	0.040	0.577	0.893
Sb	3.264	0.000	1.072	0.201
Cs	3.118	0.000	2.419	0.000
Ba	1.295	0.070		
La	1.618	0.011	2.127	0.000
Ce	1.823	0.003	2.439	0.000
Pr	2.075	0.000	2.663	0.000
Nd	2.227	0.000	2.754	0.000
Hf	0.998	0.273		
Tl	1.919	0.001	1.610	0.011
Pb	2.016	0.001	0.737	0.650
Th	2.131	0.000	2.117	0.000
U	0.837	0.485		
Mo	5.169	0.000	N.D.	

Tabla 5.2. Estadísticos descriptivos de las variables para el conjunto de muestras en cada tamaño de partícula: PM₁₀ y PM_{2.5}. La concentración está expresada como µg/m³.

a) Los datos de las estaciones de Bastarache, Santa Ana y Mompeán se consideran conjuntamente en la fracción PM₁₀.

Total	año	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀	2004	441	8.40203	340.34211	40.46660	22.55752	6.01752	0.11625	71.66142	0.23198	36.52611
	2005	370	8.23065	84.26253	33.94748	12.28738	0.88878	0.12683	1.25271	0.25299	31.82059
	2006	364	8.59671	109.93906	33.74510	12.98815	1.72712	0.12786	6.33618	0.25504	31.58717
	2007	365	11.35754	131.26438	34.26338	11.99022	2.11186	0.12769	11.82599	0.25470	32.49962
	2008	359	5.77782	100.48743	29.43020	11.34270	1.67327	0.12874	6.92399	0.25679	27.46371
	Total	1899	5.77782	340.34211	34.62935	15.64327	5.14143	0.05617	80.18685	0.11227	32.03892
PM ₁₀ M	2004	157	14.00000	122.00000	47.85805	17.80592	1.20127	0.19366	3.28449	0.38498	44.71743
	2005	33	19.02177	71.21794	38.73240	14.50102	0.49060	0.40864	-0.91147	0.79841	36.17628
	2006	8	20.83331	47.99284	30.58831	8.75549	0.97838	0.75210	1.48845	1.48088	29.56798

5. Resultados

	2007	78	16.34058	71.61278	35.79980	10.21533	0.88079	0.27221	1.53648	0.53818	34.43100
	Total	276	14.00000	122.00000	42.85860	16.44137	1.32444	0.14665	3.66556	0.29227	40.01100
OM+EC	2004	157	0.50000	22.12791	7.53654	4.46126	0.88285	0.19366	0.60907	0.38498	6.17385
	2005	33	2.35332	26.33766	10.63883	6.92758	0.91240	0.40864	-0.21855	0.79841	8.62890
	2006	8	3.90264	9.85328	7.84439	2.41956	-1.30504	0.75210	-0.15454	1.48088	7.41452
	2007	78	3.26906	11.18737	5.83108	1.47471	1.47342	0.27221	3.45452	0.53818	5.66885
	Total	276	0.50000	26.33766	7.43441	4.42774	1.56861	0.14665	3.05918	0.29227	6.30626
Al ₂ O ₃	2004	157	0.13373	12.02533	1.54649	1.84900	3.39444	0.19366	13.82882	0.38498	1.05733
	2005	33	0.08088	1.22030	0.66670	0.29246	-0.18265	0.40864	-0.81911	0.79841	0.58235
	2006	8	0.26240	1.01735	0.58979	0.26439	0.36108	0.75210	-0.92702	1.48088	0.53614
	2007	78	0.23222	4.82886	1.02404	0.71621	2.76391	0.27221	10.40894	0.53818	0.86925
	Total	276	0.08088	12.02533	1.26592	1.48750	4.21553	0.14665	22.62475	0.29227	0.91338
Ca	2004	157	0.27070	9.12215	2.41034	1.64701	1.94701	0.19366	4.40777	0.38498	1.99127
	2005	33	0.23661	4.33366	1.94644	1.05112	0.47996	0.40864	-0.22411	0.79841	1.61885
	2006	8	0.80668	2.24424	1.39726	0.49124	0.34132	0.75210	-0.43124	1.48088	1.32039
	2007	78	0.38352	4.62404	1.39957	0.63003	2.76707	0.27221	11.41081	0.53818	1.29854
	Total	276	0.23661	9.12215	2.03986	1.41151	2.33461	0.14665	7.08222	0.29227	1.70111
Ca _{sol}	2006	8	0.80000	1.83744	1.31760	0.39198	-0.27166	0.75210	-1.70148	1.48088	1.26222
	2007	78	0.38000	2.22740	1.18264	0.26366	1.26167	0.27221	5.98385	0.53818	1.15389
	Total	86	0.38000	2.22740	1.19519	0.27782	1.04309	0.25968	3.94535	0.51390	1.16356
K	2004	157	0.11298	2.22323	0.44379	0.34371	2.73652	0.19366	9.73381	0.38498	0.36405
	2005	33	0.10162	0.62675	0.34871	0.13534	0.27145	0.40864	-0.60115	0.79841	0.32103
	2006	8	0.16346	0.56910	0.31987	0.14076	0.81932	0.75210	-0.17925	1.48088	0.29451
	2007	78	0.14000	0.93472	0.34551	0.14918	1.66024	0.27221	3.48098	0.53818	0.31987
	Total	276	0.10162	2.22323	0.40106	0.27986	3.25871	0.14665	15.22726	0.29227	0.34363
K _{sol}	2006	8	0.16000	0.53670	0.29761	0.12981	0.98830	0.75210	0.28682	1.48088	0.27516
	2007	78	0.14000	0.57445	0.28541	0.06996	1.81861	0.27221	5.85332	0.53818	0.27809
	Total	86	0.14000	0.57445	0.28655	0.07638	1.64097	0.25968	4.30479	0.51390	0.27782
Na	2004	157	0.00703	5.29011	1.05230	0.82716	1.65185	0.19366	4.20399	0.38498	0.76370
	2005	33	0.06279	1.01100	0.42501	0.23569	0.65613	0.40864	-0.09373	0.79841	0.35777
	2006	8	0.23250	0.76788	0.43478	0.22326	0.69796	0.75210	-1.82616	1.48088	0.38945
	2007	78	0.21034	4.20797	1.43774	0.99332	0.84660	0.27221	-0.01119	0.53818	1.09792
	Total	276	0.00703	5.29011	1.06833	0.87882	1.48200	0.14665	2.47663	0.29227	0.75792
Na _{sol}	2006	8	0.15747	0.71761	0.33370	0.21355	1.01903	0.75210	-0.45876	1.48088	0.28291
	2007	78	0.19106	3.06261	0.90870	0.58076	1.98400	0.27221	3.85768	0.53818	0.77724
	Total	86	0.15747	3.06261	0.85521	0.58097	1.95056	0.25968	4.01276	0.51390	0.70750
Mg	2004	157	0.06015	1.58989	0.37710	0.25616	2.56778	0.19366	8.47125	0.38498	0.31901
	2005	33	0.03460	0.35266	0.21005	0.07710	-0.36107	0.40864	-0.27258	0.79841	0.19144
	2006	8	0.12434	0.28095	0.19799	0.05366	0.34926	0.75210	-0.67161	1.48088	0.19162
	2007	78	0.07384	0.91416	0.35293	0.15914	0.93657	0.27221	0.99308	0.53818	0.31934
	Total	276	0.03460	1.58989	0.34510	0.22023	2.66349	0.14665	10.56656	0.29227	0.29580
Mg _{sol}	2006	8	0.10820	0.16939	0.14101	0.02232	-0.02008	0.75210	-1.41793	1.48088	0.13944
	2007	78	0.09891	0.47619	0.20972	0.07140	1.88348	0.27221	4.13826	0.53818	0.20019
	Total	86	0.09891	0.47619	0.20333	0.07115	1.88588	0.25968	4.30739	0.51390	0.19357
Fe	2004	157	0.09045	3.68267	0.60498	0.54950	3.07774	0.19366	12.25961	0.38498	0.46560
	2005	33	0.05709	0.93627	0.42573	0.22761	0.78688	0.40864	0.15119	0.79841	0.36313
	2006	8	0.21143	0.90097	0.54529	0.22536	-0.01493	0.75210	-0.38620	1.48088	0.49821
	2007	78	0.18715	1.76792	0.51084	0.25025	2.19383	0.27221	7.68635	0.53818	0.46544
	Total	276	0.05709	3.68267	0.55521	0.44736	3.56684	0.14665	18.21067	0.29227	0.45281
SO ₄ ²⁻	2004	157	1.02181	14.33926	5.34879	2.60030	0.88944	0.19366	0.87395	0.38498	4.72420
	2005	33	1.40658	7.24487	4.04016	1.68288	0.34357	0.40864	-0.89350	0.79841	3.68514
	2006	8	2.22008	4.02930	2.76052	0.59267	1.57713	0.75210	2.77688	1.48088	2.71160

5. Resultados

NO ₃ ⁻	2007	78	0.90800	12.54034	5.47633	2.17080	0.29147	0.27221	0.37338	0.53818	4.98230
	Total	276	0.90800	14.33926	5.15334	2.42080	0.82147	0.14665	0.91789	0.29227	4.58111
	2004	157	0.11748	11.18000	3.00093	2.15433	1.41856	0.19366	2.01263	0.38498	2.34078
	2005	33	0.39999	8.38441	3.85196	2.49594	0.39306	0.40864	-1.15342	0.79841	2.92306
	2006	8	1.26290	3.12698	1.76612	0.67302	1.48120	0.75210	1.42713	1.48088	1.67385
Cl ⁻	2007	78	0.89209	7.19218	2.91433	1.17384	1.71088	0.27221	3.75842	0.53818	2.72219
	Total	276	0.11748	11.18000	3.04242	1.97147	1.39583	0.14665	2.01707	0.29227	2.48429
	2004	157	0.00349	5.05000	0.75044	0.74163	2.88297	0.19366	11.17536	0.38498	0.51123
	2005	33	0.04223	2.87000	0.62689	0.50699	2.91255	0.40864	11.66296	0.79841	0.48495
	2006	8	0.26178	1.04946	0.54338	0.28756	0.74572	0.75210	-0.45934	1.48088	0.48024
F ⁻	2007	78	0.14029	2.14399	0.69527	0.31919	1.81500	0.27221	5.47142	0.53818	0.63304
	Total	276	0.00349	5.05000	0.71407	0.61251	3.24322	0.14665	15.50924	0.29227	0.53866
	2006	8	0.03149	0.04522	0.03674	0.00436	0.89193	0.75210	1.10601	1.48088	0.03652
	2007	78	0.01996	0.06695	0.03629	0.00790	1.69633	0.27221	4.94408	0.53818	0.03554
	Total	86	0.01996	0.06695	0.03633	0.00762	1.70427	0.25968	5.24113	0.51390	0.03563
NH ₄ ⁺	2004	157	0.04473	7.27000	1.49655	1.16524	2.46418	0.19366	8.11159	0.38498	1.17109
	2005	33	0.14525	3.73000	1.29333	0.76759	0.98517	0.40864	1.72066	0.79841	1.04951
	2006	8	0.59677	1.26637	0.80802	0.28863	1.19085	0.75210	-0.43841	1.48088	0.76951
	2007	78	0.32497	3.65774	1.51594	0.53005	1.31329	0.27221	3.70808	0.53818	1.42724
	Total	276	0.04473	7.27000	1.45778	0.96795	2.60239	0.14665	10.81884	0.29227	1.20751
Li	2004	157	0.00004	0.00555	0.00058	0.00073	4.16040	0.19366	21.54022	0.38498	0.00038
	2005	33	0.00009	0.00081	0.00048	0.00018	-0.08581	0.40864	-0.32221	0.79841	0.00044
	2006	8	0.00015	0.00043	0.00029	0.00010	-0.01745	0.75210	-1.47649	1.48088	0.00027
	2007	78	0.00011	0.00157	0.00043	0.00024	2.27526	0.27221	6.96039	0.53818	0.00038
	Total	276	0.00004	0.00555	0.00052	0.00057	5.16230	0.14665	35.24866	0.29227	0.00038
P	2004	157	0.00054	0.11633	0.03270	0.01904	1.27454	0.19366	3.54353	0.38498	0.02631
	2005	33	0.00386	0.04719	0.02794	0.01071	-0.36832	0.40864	-0.35006	0.79841	0.02516
	2006	8	0.02054	0.05642	0.03466	0.01287	0.52659	0.75210	-0.69884	1.48088	0.03262
	2007	78	0.00174	0.05399	0.02475	0.01078	0.24294	0.27221	0.31950	0.53818	0.02170
	Total	276	0.00054	0.11633	0.02994	0.01640	1.40107	0.14665	4.88334	0.29227	0.02494
Ti	2004	157	0.00659	0.34923	0.04464	0.05215	3.61362	0.19366	15.68459	0.38498	0.03171
	2005	33	0.00206	0.07892	0.02288	0.01446	1.76785	0.40864	5.92704	0.79841	0.01855
	2006	8	0.00957	0.03144	0.02065	0.00828	0.12324	0.75210	-1.37686	1.48088	0.01910
	2007	78	0.00905	0.15116	0.02959	0.02118	3.29066	0.27221	14.51984	0.53818	0.02538
	Total	276	0.00206	0.34923	0.03709	0.04213	4.40175	0.14665	24.74260	0.29227	0.02752
V	2004	157	0.00023	0.04655	0.01072	0.00956	1.67293	0.19366	2.83074	0.38498	0.00734
	2005	33	0.00091	0.01348	0.00490	0.00339	0.90747	0.40864	-0.08864	0.79841	0.00383
	2006	8	0.00145	0.00964	0.00446	0.00249	1.27356	0.75210	2.39261	1.48088	0.00389
	2007	78	0.00121	0.04856	0.01293	0.01081	1.41950	0.27221	1.67910	0.53818	0.00919
	Total	276	0.00023	0.04856	0.01047	0.00962	1.74729	0.14665	3.05809	0.29227	0.00711
Cr	2004	157	0.00001	0.00934	0.00263	0.00179	1.35287	0.19366	2.43762	0.38498	0.00189
	2005	33	0.00001	0.04390	0.00271	0.00744	5.64523	0.40864	32.21565	0.79841	0.00120
	2006	8	0.00075	0.00253	0.00191	0.00076	-1.03374	0.75210	-0.69900	1.48088	0.00173
	2007	78	0.00046	0.00457	0.00179	0.00080	0.82312	0.27221	0.85063	0.53818	0.00161
	Total	276	0.00001	0.04390	0.00238	0.00293	10.60081	0.14665	146.82136	0.29227	0.00170
Mn	2004	157	0.00169	0.06285	0.01268	0.01010	2.72580	0.19366	9.71651	0.38498	0.01013
	2005	33	0.00149	0.02018	0.00884	0.00485	0.88613	0.40864	0.35419	0.79841	0.00755
	2006	8	0.00415	0.01672	0.01019	0.00423	0.17229	0.75210	-0.79073	1.48088	0.00935
	2007	78	0.00403	0.03436	0.01068	0.00535	2.26502	0.27221	7.32746	0.53818	0.00971
	Total	276	0.00149	0.06285	0.01158	0.00843	3.06904	0.14665	13.61816	0.29227	0.00964
Co	2004	157	0.00001	0.00182	0.00034	0.00029	2.40793	0.19366	8.01936	0.38498	0.00025
	2005	33	0.00003	0.00058	0.00019	0.00012	1.26730	0.40864	1.98231	0.79841	0.00016

5. Resultados

Ni	2006	8	0.00000	0.00013	0.00006	0.00005	0.08258	0.75210	-1.19563	1.48088	0.00004
	2007	78	0.00000	0.00057	0.00018	0.00010	1.20595	0.27221	2.23100	0.53818	0.00015
	Total	276	0.00000	0.00182	0.00027	0.00024	2.91169	0.14665	12.45319	0.29227	0.00019
	2004	157	0.00032	0.02761	0.00604	0.00524	1.72131	0.19366	3.05918	0.38498	0.00424
	2005	33	0.00086	0.02764	0.00390	0.00472	4.23317	0.40864	21.02096	0.79841	0.00278
Cu	2006	8	0.00071	0.00394	0.00217	0.00115	0.21260	0.75210	-1.46054	1.48088	0.00188
	2007	78	0.00019	0.01818	0.00520	0.00445	1.22050	0.27221	1.09836	0.53818	0.00322
	Total	276	0.00019	0.02764	0.00543	0.00496	1.88169	0.14665	4.07489	0.29227	0.00364
	2004	157	0.00017	0.09303	0.01260	0.01288	3.02042	0.19366	13.82991	0.38498	0.00671
	2005	33	0.00017	0.04437	0.01518	0.01244	0.94971	0.40864	0.09385	0.79841	0.00874
Zn	2006	8	0.00904	0.03765	0.02401	0.01032	-0.58536	0.75210	-0.75850	1.48088	0.02145
	2007	78	0.00277	0.08969	0.01543	0.01202	3.57556	0.27221	18.92665	0.53818	0.01263
	Total	276	0.00017	0.09303	0.01404	0.01265	2.70084	0.14665	11.88812	0.29227	0.00857
	2004	157	0.00298	3.86875	0.25560	0.41756	4.78492	0.19366	35.88073	0.38498	0.08293
	2005	33	0.00584	1.41773	0.34672	0.37902	1.15370	0.40864	0.65404	0.79841	0.13447
As	2006	8	0.42046	1.83155	0.95029	0.48097	0.78903	0.75210	-0.05676	1.48088	0.84920
	2007	78	0.03467	4.35940	0.72805	0.59237	3.50659	0.27221	18.25105	0.53818	0.57567
	Total	276	0.00298	4.35940	0.42015	0.52051	3.28660	0.14665	18.46644	0.29227	0.16252
	2004	157	0.00006	0.00268	0.00080	0.00045	1.05891	0.19366	1.28857	0.38498	0.00068
	2005	33	0.00023	0.00205	0.00090	0.00062	0.67976	0.40864	-1.18942	0.79841	0.00071
Se	2006	8	0.00049	0.00260	0.00141	0.00073	0.26949	0.75210	-0.66647	1.48088	0.00122
	2007	78	0.00027	0.00519	0.00125	0.00090	2.12142	0.27221	5.57742	0.53818	0.00103
	Total	276	0.00006	0.00519	0.00096	0.00067	2.21989	0.14665	8.37498	0.29227	0.00078
	2004	157	0.00000	0.00281	0.00060	0.00052	1.34737	0.19366	2.29675	0.38498	0.00032
	2005	33	0.00009	0.00253	0.00068	0.00058	1.66862	0.40864	2.36612	0.79841	0.00051
Rb	2006	8	0.00038	0.00087	0.00052	0.00017	1.61161	0.75210	1.97027	1.48088	0.00050
	2007	78	0.00007	0.00126	0.00064	0.00024	0.24360	0.27221	0.10641	0.53818	0.00058
	Total	276	0.00000	0.00281	0.00062	0.00046	1.49591	0.14665	3.49004	0.29227	0.00041
	2004	157	0.00034	0.00792	0.00125	0.00118	3.20740	0.19366	13.03104	0.38498	0.00097
	2005	33	0.00021	0.00131	0.00074	0.00026	0.27620	0.40864	-0.38755	0.79841	0.00069
Sr	2006	8	0.00032	0.00094	0.00064	0.00022	-0.14951	0.75210	-1.24318	1.48088	0.00061
	2007	78	0.00026	0.00274	0.00079	0.00042	2.17214	0.27221	6.17822	0.53818	0.00071
	Total	276	0.00021	0.00792	0.00104	0.00095	4.00848	0.14665	21.48608	0.29227	0.00084
	2004	157	0.00166	0.03244	0.00917	0.00531	1.63436	0.19366	3.34160	0.38498	0.00793
	2005	33	0.00115	0.01241	0.00637	0.00290	-0.00407	0.40864	-0.57270	0.79841	0.00555
Y	2006	8	0.00253	0.00586	0.00422	0.00132	-0.30251	0.75210	-1.71384	1.48088	0.00402
	2007	78	0.00220	0.01538	0.00548	0.00217	1.97771	0.27221	6.37969	0.53818	0.00514
	Total	276	0.00115	0.03244	0.00765	0.00464	2.02070	0.14665	5.61482	0.29227	0.00659
	2004	157	0.00000	0.00197	0.00022	0.00027	3.83042	0.19366	20.51248	0.38498	0.00008
	2005	33	0.00000	0.00022	0.00007	0.00006	0.72249	0.40864	-0.37368	0.79841	0.00003
Zr	2006	8	0.00010	0.00023	0.00016	0.00005	0.29501	0.75210	-1.09931	1.48088	0.00015
	2007	78	0.00007	0.00077	0.00026	0.00017	0.78871	0.27221	-0.36694	0.53818	0.00020
	Total	276	0.00000	0.00197	0.00021	0.00023	3.70325	0.14665	22.60088	0.29227	0.00010
	2004	157	0.00002	0.01412	0.00347	0.00284	0.96254	0.19366	1.24993	0.38498	0.00155
	2005	33	0.00002	0.00913	0.00270	0.00343	0.89479	0.40864	-0.96652	0.79841	0.00061
Cd	2006	8	0.00159	0.00803	0.00511	0.00235	-0.43625	0.75210	-1.55666	1.48088	0.00451
	2007	78	0.00009	0.01360	0.00920	0.00256	-0.87752	0.27221	1.37999	0.53818	0.00845
	Total	276	0.00002	0.01412	0.00505	0.00386	0.35694	0.14665	-0.96632	0.29227	0.00231
	2004	157	0.00000	0.01038	0.00045	0.00091	8.73097	0.19366	92.86098	0.38498	0.00022
	2005	33	0.00001	0.00181	0.00046	0.00044	1.48152	0.40864	1.84072	0.79841	0.00028
	2006	8	0.00036	0.00076	0.00058	0.00015	-0.20763	0.75210	-1.76514	1.48088	0.00056
	2007	78	0.00008	0.00527	0.00064	0.00086	3.50347	0.27221	13.83973	0.53818	0.00040

5. Resultados

Sn	Total	276	0.00000	0.01038	0.00051	0.00084	7.27706	0.14665	73.96268	0.29227	0.00028
	2004	157	0.00001	0.00615	0.00177	0.00126	1.23319	0.19366	1.49017	0.38498	0.00116
	2005	33	0.00001	0.00495	0.00181	0.00156	0.69464	0.40864	-0.66810	0.79841	0.00069
	2006	8	0.00165	0.00509	0.00367	0.00133	-0.82392	0.75210	-0.53637	1.48088	0.00340
	2007	78	0.00087	0.00546	0.00250	0.00108	0.97247	0.27221	0.50897	0.53818	0.00229
Sb	Total	276	0.00001	0.00615	0.00204	0.00132	0.82286	0.14665	0.23349	0.29227	0.00136
	2004	157	0.00014	0.00777	0.00213	0.00150	1.20432	0.19366	1.54285	0.38498	0.00164
	2005	33	0.00036	0.00800	0.00305	0.00237	0.81741	0.40864	-0.53731	0.79841	0.00215
	2006	8	0.00165	0.01203	0.00551	0.00351	0.77578	0.75210	0.32788	1.48088	0.00450
	2007	78	0.00091	0.03615	0.00315	0.00418	6.60431	0.27221	51.52457	0.53818	0.00236
Cs	Total	276	0.00014	0.03615	0.00263	0.00276	6.96787	0.14665	78.81959	0.29227	0.00193
	2004	157	0.00001	0.00049	0.00009	0.00008	2.30000	0.19366	7.06213	0.38498	0.00006
	2005	33	0.00002	0.00008	0.00005	0.00002	1.15013	0.40864	-0.08038	0.79841	0.00004
	2006	8	0.00003	0.00008	0.00005	0.00001	0.90533	0.75210	2.17223	1.48088	0.00005
	2007	78	0.00003	0.00019	0.00006	0.00003	1.90570	0.27221	4.52072	0.53818	0.00006
Ba	Total	276	0.00001	0.00049	0.00007	0.00007	3.03855	0.14665	12.97292	0.29227	0.00005
	2004	157	0.00069	0.21284	0.01573	0.01919	7.40291	0.19366	72.20155	0.38498	0.01144
	2005	33	0.00212	0.02435	0.01161	0.00642	0.58505	0.40864	-0.69382	0.79841	0.00985
	2006	8	0.00711	0.01854	0.01408	0.00414	-1.04935	0.75210	-0.28006	1.48088	0.01341
	2007	78	0.00031	0.04047	0.01463	0.00725	0.95582	0.27221	1.33983	0.53818	0.01252
La	Total	276	0.00031	0.21284	0.01488	0.01519	8.59654	0.14665	106.05547	0.29227	0.01158
	2004	157	0.00003	0.00281	0.00044	0.00045	3.15046	0.19366	12.17190	0.38498	0.00032
	2005	33	0.00001	0.00027	0.00015	0.00007	-0.10549	0.40864	-0.61541	0.79841	0.00012
	2006	8	0.00011	0.00036	0.00022	0.00008	0.19413	0.75210	-0.91321	1.48088	0.00021
	2007	78	0.00001	0.00115	0.00024	0.00019	2.15323	0.27221	7.06750	0.53818	0.00017
Ce	Total	276	0.00001	0.00281	0.00034	0.00038	3.78102	0.14665	18.86405	0.29227	0.00023
	2004	157	0.00001	0.00685	0.00086	0.00098	3.65751	0.19366	16.72529	0.38498	0.00058
	2005	33	0.00011	0.00063	0.00041	0.00013	-0.60681	0.40864	-0.24712	0.79841	0.00039
	2006	8	0.00028	0.00083	0.00056	0.00019	-0.22877	0.75210	-1.15207	1.48088	0.00053
	2007	78	0.00000	0.00282	0.00052	0.00048	2.26461	0.27221	7.43936	0.53818	0.00028
Pr	Total	276	0.00000	0.00685	0.00070	0.00080	4.29994	0.14665	24.85865	0.29227	0.00045
	2004	157	0.00000	0.00069	0.00011	0.00011	2.87374	0.19366	11.27368	0.38498	0.00008
	2005	33	0.00001	0.00010	0.00004	0.00003	0.21022	0.40864	-1.39576	0.79841	0.00003
	2006	8	0.00003	0.00007	0.00005	0.00002	-0.03348	0.75210	-1.15051	1.48088	0.00005
	2007	78	0.00000	0.00028	0.00005	0.00005	2.37080	0.27221	8.23860	0.53818	0.00002
Nd	Total	276	0.00000	0.00069	0.00009	0.00009	3.32411	0.14665	16.09082	0.29227	0.00005
	2004	157	0.00000	0.00278	0.00040	0.00046	3.14818	0.19366	11.91893	0.38498	0.00024
	2005	33	0.00000	0.00037	0.00015	0.00009	0.03293	0.40864	-0.20785	0.79841	0.00011
	2006	8	0.00012	0.00031	0.00021	0.00007	0.05851	0.75210	-1.49265	1.48088	0.00020
	2007	78	0.00000	0.00120	0.00020	0.00020	2.28751	0.27221	7.72836	0.53818	0.00008
Hf	Total	276	0.00000	0.00278	0.00031	0.00038	3.78316	0.14665	18.58231	0.29227	0.00016
	2004	157	0.00000	0.00172	0.00038	0.00037	0.99368	0.19366	0.61152	0.38498	0.00012
	2005	33	0.00000	0.00171	0.00052	0.00060	0.89430	0.40864	-0.83041	0.79841	0.00014
	2006	8	0.00001	0.00028	0.00015	0.00011	-0.40203	0.75210	-1.89363	1.48088	0.00009
	2007	78	0.00001	0.00070	0.00045	0.00015	-0.96129	0.27221	0.80384	0.53818	0.00041
Ti	Total	276	0.00000	0.00172	0.00041	0.00036	1.16888	0.14665	1.62507	0.29227	0.00017
	2004	157	0.00000	0.00026	0.00007	0.00006	0.76091	0.19366	-0.14637	0.38498	0.00004
	2005	33	0.00001	0.00495	0.00032	0.00096	4.27250	0.40864	18.67676	0.79841	0.00006
	2006	8	0.00005	0.00011	0.00007	0.00002	0.17806	0.75210	-0.23376	1.48088	0.00007
	2007	78	0.00003	0.00015	0.00006	0.00003	1.05223	0.27221	0.38263	0.53818	0.00005
Pb	Total	276	0.00000	0.00495	0.00010	0.00034	12.33862	0.14665	163.16474	0.29227	0.00004
	2004	157	0.00055	0.11077	0.01405	0.01151	4.28313	0.19366	31.51930	0.38498	0.01109

5. Resultados

	2005	33	0.00216	0.06369	0.01792	0.01410	1.42233	0.40864	2.26146	0.79841	0.01320
	2006	8	0.01143	0.07058	0.02716	0.01849	2.26692	0.75210	5.79273	1.48088	0.02345
	2007	78	0.00485	0.07383	0.01874	0.01321	2.08584	0.27221	5.07626	0.53818	0.01562
	Total	276	0.00055	0.11077	0.01622	0.01281	2.87384	0.14665	13.57594	0.29227	0.01275
Th	2004	157	0.00000	0.00091	0.00012	0.00013	3.19722	0.19366	14.91466	0.38498	0.00004
	2005	33	0.00000	0.00028	0.00008	0.00008	0.73975	0.40864	-0.31734	0.79841	0.00001
	2006	8	0.00004	0.00010	0.00006	0.00002	0.37160	0.75210	-1.14077	1.48088	0.00006
	2007	78	0.00001	0.00039	0.00010	0.00007	1.49151	0.27221	3.09625	0.53818	0.00008
	Total	276	0.00000	0.00091	0.00011	0.00011	3.34412	0.14665	18.58198	0.29227	0.00004
U	2004	157	0.00000	0.00052	0.00013	0.00011	0.86907	0.19366	0.13205	0.38498	0.00007
	2005	33	0.00000	0.00075	0.00018	0.00024	1.18423	0.40864	-0.02277	0.79841	0.00004
	2006	8	0.00007	0.00014	0.00010	0.00002	0.79333	0.75210	-0.40468	1.48088	0.00010
	2007	78	0.00007	0.00026	0.00012	0.00005	0.62867	0.27221	-0.21356	0.53818	0.00011
	Total	276	0.00000	0.00075	0.00013	0.00012	1.97630	0.14665	5.67797	0.29227	0.00007
Mo	2004	157	0.00004	0.01695	0.00223	0.00261	2.31960	0.19366	9.46070	0.38498	0.00058
	2005	33	0.00004	0.00339	0.00055	0.00099	1.71226	0.40864	1.55853	0.79841	0.00010
	2006	8	0.00000	0.00003	0.00000	0.00001	2.82843	0.75210	8.00000	1.48088	0.00000
	2007	78	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	.	.	.	.	0.00000
	Total	276	0.00000	0.01695	0.00133	0.00225	2.91662	0.14665	13.70871	0.29227	0.00000

b) Se consideran aisladamente los datos de Bastarache (B) en la fracción PM₁₀.

B	año	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀	2004	362	8.40203	340.34211	39.03527	22.49410	7.14849	0.12821	89.68022	0.25573	35.32460
	2005	198	11.60791	84.26253	37.93432	12.92847	0.77719	0.17278	0.93175	0.34388	35.79830
	Total	560	8.40203	340.34211	38.64601	19.64548	7.02772	0.10323	100.08368	0.20610	35.49140
PM ₁₀ M	2004	78	18.97670	86.88681	48.70145	12.61811	0.19193	0.27221	0.20548	0.53818	46.99620
	2005	20	19.02177	71.21794	40.40845	15.86894	0.22328	0.51210	-1.25815	0.99238	37.34630
	Total	98	18.97670	86.88681	47.00900	13.67483	0.02599	0.24376	-0.17810	0.48296	44.84280
OM+EC	2004	78	4.17824	22.12791	10.69120	3.87773	0.92526	0.27221	0.69313	0.53818	10.05120
	2005	20	3.64007	26.33766	13.58228	7.22123	0.35272	0.51210	-1.09747	0.99238	11.59780
	Total	98	3.64007	26.33766	11.28121	4.84998	1.04580	0.24376	0.85231	0.48296	10.34910
Al ₂ O ₃	2004	78	0.35429	6.01427	1.14727	1.07776	2.87486	0.27221	8.62285	0.53818	0.90100
	2005	20	0.08088	0.94448	0.55463	0.24526	-0.11287	0.51210	-0.87630	0.99238	0.48650
	Total	98	0.08088	6.01427	1.02632	0.99573	3.18585	0.24376	11.07075	0.48296	0.79450
Ca	2004	78	0.65207	4.72250	1.90939	0.80245	1.03021	0.27221	1.41602	0.53818	1.75410
	2005	20	0.28055	2.59433	1.53636	0.68495	-0.08815	0.51210	-1.10175	0.99238	1.35430
	Total	98	0.28055	4.72250	1.83326	0.79113	0.90008	0.24376	1.40506	0.48296	1.66390
K	2004	78	0.13269	1.20409	0.35195	0.20807	1.98260	0.27221	4.33856	0.53818	0.30910
	2005	20	0.10162	0.50056	0.29080	0.10907	0.18193	0.51210	-0.52487	0.99238	0.26950
	Total	98	0.10162	1.20409	0.33947	0.19316	2.09343	0.24376	5.36802	0.48296	0.30060
Na	2004	78	0.14332	2.77306	0.92227	0.60288	0.98592	0.27221	0.48816	0.53818	0.73780
	2005	20	0.06279	0.65085	0.34788	0.16522	0.17793	0.51210	-0.82872	0.99238	0.30360
	Total	98	0.06279	2.77306	0.80505	0.58993	1.20811	0.24376	1.01650	0.48296	0.61550
Mg	2004	78	0.13684	0.93816	0.33274	0.15385	2.05089	0.27221	5.28201	0.53818	0.30640
	2005	20	0.03460	0.33038	0.19402	0.07828	-0.41366	0.51210	-0.62153	0.99238	0.17330
	Total	98	0.03460	0.93816	0.30443	0.15215	1.93650	0.24376	5.54419	0.48296	0.27280
Fe	2004	78	0.20721	2.08100	0.60986	0.37860	1.97477	0.27221	3.97981	0.53818	0.52940
	2005	20	0.11912	0.93627	0.49522	0.25579	0.35597	0.51210	-0.96050	0.99238	0.42580
	Total	98	0.11912	2.08100	0.58647	0.35883	1.95038	0.24376	4.41909	0.48296	0.50640
SO ₄ ²⁻	2004	78	1.43875	12.30071	5.58019	2.48142	0.67587	0.27221	0.08089	0.53818	5.03200
	2005	20	1.47447	7.00452	4.27999	1.81176	0.00952	0.51210	-1.40978	0.99238	3.87240

5. Resultados

NO ₃ ⁻	Total	98	1.43875	12.30071	5.31484	2.41003	0.70583	0.24376	0.28773	0.48296	4.77000
	2004	78	0.11748	7.37974	2.33508	1.70442	1.42956	0.27221	1.33361	0.53818	1.83310
	2005	20	0.39999	8.38441	4.03823	2.58839	0.19786	0.51210	-1.32341	0.99238	2.99710
Cl ⁻	Total	98	0.11748	8.38441	2.68267	2.02347	1.16953	0.24376	0.35146	0.48296	2.02650
	2004	78	0.00349	3.33519	0.55396	0.61874	2.41270	0.27221	6.79863	0.53818	0.33670
	2005	20	0.04223	1.37481	0.51837	0.33630	0.89501	0.51210	0.85138	0.99238	0.40020
NH ₄ ⁺	Total	98	0.00349	3.33519	0.54670	0.57120	2.48021	0.24376	7.77717	0.48296	0.34880
	2004	78	0.04473	4.65203	1.29806	0.83231	1.70516	0.27221	4.72330	0.53818	1.04810
	2005	20	0.14525	2.37808	1.18799	0.64529	0.42483	0.51210	-0.42954	0.99238	0.98140
Li	Total	98	0.04473	4.65203	1.27559	0.79590	1.61181	0.24376	4.61351	0.48296	1.03420
	2004	78	0.00005	0.00131	0.00041	0.00025	1.16360	0.27221	1.81574	0.53818	0.00030
	2005	20	0.00028	0.00081	0.00053	0.00016	0.18335	0.51210	-0.76611	0.99238	0.00050
P	Total	98	0.00005	0.00131	0.00044	0.00024	0.91786	0.24376	1.37527	0.48296	0.00040
	2004	78	0.00193	0.06127	0.02796	0.01304	0.20880	0.27221	0.23723	0.53818	0.02340
	2005	20	0.00386	0.04719	0.02722	0.01231	-0.34560	0.51210	-0.86792	0.99238	0.02350
Ti	Total	98	0.00193	0.06127	0.02781	0.01284	0.12221	0.24376	0.06421	0.48296	0.02340
	2004	78	0.00944	0.17080	0.03451	0.03012	2.77544	0.27221	8.22497	0.53818	0.02770
	2005	20	0.00206	0.03369	0.01844	0.00914	0.08477	0.51210	-0.99898	0.99238	0.01560
V	Total	98	0.00206	0.17080	0.03123	0.02791	3.03937	0.24376	10.39967	0.48296	0.02460
	2004	78	0.00138	0.04655	0.01190	0.01102	1.62281	0.27221	2.19982	0.53818	0.00810
	2005	20	0.00091	0.01348	0.00526	0.00383	0.75179	0.51210	-0.62120	0.99238	0.00390
Cr	Total	98	0.00091	0.04655	0.01055	0.01032	1.86183	0.24376	3.31440	0.48296	0.00700
	2004	78	0.00001	0.00883	0.00275	0.00180	0.86235	0.27221	0.95823	0.53818	0.00180
	2005	20	0.00001	0.04390	0.00364	0.00952	4.40580	0.51210	19.58535	0.99238	0.00120
Mn	Total	98	0.00001	0.04390	0.00293	0.00452	7.83784	0.24376	70.84560	0.48296	0.00160
	2004	78	0.00376	0.05787	0.01279	0.00837	2.68476	0.27221	10.67189	0.53818	0.01100
	2005	20	0.00249	0.02018	0.00995	0.00562	0.54557	0.51210	-0.83292	0.99238	0.00840
Co	Total	98	0.00249	0.05787	0.01221	0.00794	2.61959	0.24376	11.06960	0.48296	0.01040
	2004	78	0.00003	0.00131	0.00037	0.00024	1.66861	0.27221	3.04172	0.53818	0.00030
	2005	20	0.00003	0.00058	0.00018	0.00013	1.85628	0.51210	3.72949	0.99238	0.00010
Ni	Total	98	0.00003	0.00131	0.00033	0.00024	1.72590	0.24376	3.47766	0.48296	0.00030
	2004	78	0.00041	0.02761	0.00721	0.00595	1.52766	0.27221	1.99597	0.53818	0.00520
	2005	20	0.00086	0.02764	0.00474	0.00584	3.46004	0.51210	13.58345	0.99238	0.00320
Cu	Total	98	0.00041	0.02764	0.00671	0.00598	1.77435	0.24376	2.97016	0.48296	0.00470
	2004	78	0.00456	0.08002	0.01741	0.01177	2.58904	0.27221	10.19896	0.53818	0.01470
	2005	20	0.00483	0.04437	0.02142	0.01195	0.60937	0.51210	-0.69390	0.99238	0.01820
Zn	Total	98	0.00456	0.08002	0.01823	0.01186	2.11457	0.24376	7.12245	0.48296	0.01540
	2004	78	0.06429	3.86875	0.49176	0.49071	4.56832	0.27221	29.02385	0.53818	0.37020
	2005	20	0.10745	1.41773	0.55635	0.35268	0.87503	0.51210	0.25084	0.99238	0.45280
As	Total	98	0.06429	3.86875	0.50494	0.46497	4.27023	0.24376	27.78848	0.48296	0.38570
	2004	78	0.00025	0.00268	0.00097	0.00049	0.85746	0.27221	0.76925	0.53818	0.00090
	2005	20	0.00023	0.00205	0.00114	0.00068	-0.06802	0.51210	-1.77689	0.99238	0.00090
Se	Total	98	0.00023	0.00268	0.00101	0.00053	0.61014	0.24376	-0.27303	0.48296	0.00090
	2004	78	0.00004	0.00281	0.00056	0.00054	1.89585	0.27221	4.32735	0.53818	0.00030
	2005	20	0.00009	0.00184	0.00078	0.00056	0.77406	0.51210	-0.41838	0.99238	0.00060
Rb	Total	98	0.00004	0.00281	0.00060	0.00055	1.59185	0.24376	2.77595	0.48296	0.00040
	2004	78	0.00036	0.00419	0.00098	0.00069	2.62557	0.27221	8.06526	0.53818	0.00080
	2005	20	0.00021	0.00113	0.00061	0.00021	0.34994	0.51210	0.74676	0.99238	0.00060
Sr	Total	98	0.00021	0.00419	0.00090	0.00064	2.89458	0.24376	10.17141	0.48296	0.00080
	2004	78	0.00358	0.01789	0.00831	0.00320	0.94097	0.27221	0.65404	0.53818	0.00780
	2005	20	0.00115	0.00890	0.00562	0.00243	-0.29687	0.51210	-1.36526	0.99238	0.00500
Y	Total	98	0.00115	0.01789	0.00776	0.00324	0.81604	0.24376	0.89151	0.48296	0.00710
	2004	78	0.00000	0.00062	0.00014	0.00012	1.58813	0.27221	3.71704	0.53818	0.00010
	2005	20	0.00000	0.00015	0.00006	0.00004	0.68833	0.51210	-0.28767	0.99238	0.00000

5. Resultados

	Total	98	0.00000	0.00062	0.00012	0.00012	1.81902	0.24376	4.75711	0.48296	0.00000
Zr	2004	78	0.00002	0.00857	0.00206	0.00208	1.09363	0.27221	0.70640	0.53818	0.00060
	2005	20	0.00002	0.00100	0.00032	0.00030	0.76371	0.51210	-0.13303	0.99238	0.00020
	Total	98	0.00002	0.00857	0.00171	0.00199	1.38970	0.24376	1.47028	0.48296	0.00050
Cd	2004	78	0.00006	0.01038	0.00074	0.00122	6.74027	0.27221	52.64156	0.53818	0.00050
	2005	20	0.00006	0.00181	0.00059	0.00046	1.14592	0.51210	1.25976	0.99238	0.00040
	Total	98	0.00006	0.01038	0.00071	0.00110	7.19441	0.24376	61.83249	0.48296	0.00050
Sn	2004	78	0.00028	0.00457	0.00184	0.00079	1.05025	0.27221	2.12991	0.53818	0.00170
	2005	20	0.00071	0.00495	0.00265	0.00140	0.30560	0.51210	-1.20481	0.99238	0.00230
	Total	98	0.00028	0.00495	0.00201	0.00100	1.13784	0.24376	1.22984	0.48296	0.00180
Sb	2004	78	0.00094	0.00777	0.00315	0.00141	1.11872	0.27221	1.52382	0.53818	0.00290
	2005	20	0.00119	0.00800	0.00428	0.00227	0.25269	0.51210	-1.14689	0.99238	0.00360
	Total	98	0.00094	0.00800	0.00338	0.00167	1.02960	0.24376	0.67600	0.48296	0.00300
Cs	2004	78	0.00004	0.00022	0.00007	0.00004	1.45599	0.27221	1.65879	0.53818	0.00010
	2005	20	0.00004	0.00004	0.00004	0.00000	.	.	.	.	0.00000
	Total	98	0.00004	0.00022	0.00006	0.00004	1.78846	0.24376	2.84325	0.48296	0.00010
Ba	2004	78	0.00545	0.07809	0.01638	0.01002	3.32985	0.27221	17.81190	0.53818	0.01450
	2005	20	0.00387	0.02435	0.01287	0.00723	0.33606	0.51210	-1.34896	0.99238	0.01080
	Total	98	0.00387	0.07809	0.01567	0.00959	3.11844	0.24376	17.49225	0.48296	0.01360
La	2004	78	0.00005	0.00156	0.00038	0.00030	2.39904	0.27221	6.16902	0.53818	0.00030
	2005	20	0.00001	0.00021	0.00011	0.00006	-0.19921	0.51210	-0.62724	0.99238	0.00010
	Total	98	0.00001	0.00156	0.00032	0.00029	2.49925	0.24376	7.19085	0.48296	0.00020
Ce	2004	78	0.00017	0.00316	0.00073	0.00058	2.64244	0.27221	7.32124	0.53818	0.00060
	2005	20	0.00011	0.00055	0.00038	0.00012	-0.45691	0.51210	-0.56272	0.99238	0.00040
	Total	98	0.00011	0.00316	0.00066	0.00054	2.92725	0.24376	9.41498	0.48296	0.00050
Pr	2004	78	0.00001	0.00036	0.00009	0.00007	1.89119	0.27221	4.44084	0.53818	0.00010
	2005	20	0.00001	0.00010	0.00004	0.00004	0.48275	0.51210	-1.90606	0.99238	0.00000
	Total	98	0.00001	0.00036	0.00008	0.00007	1.83529	0.24376	4.73048	0.48296	0.00010
Nd	2004	78	0.00003	0.00166	0.00033	0.00030	2.59069	0.27221	7.50359	0.53818	0.00020
	2005	20	0.00000	0.00037	0.00013	0.00010	0.71830	0.51210	0.14389	0.99238	0.00010
	Total	98	0.00000	0.00166	0.00029	0.00029	2.76936	0.24376	9.08737	0.48296	0.00020
Hf	2004	78	0.00000	0.00096	0.00032	0.00028	0.58336	0.27221	-1.12232	0.53818	0.00010
	2005	20	0.00000	0.00035	0.00012	0.00011	0.73102	0.51210	-0.46662	0.99238	0.00000
	Total	98	0.00000	0.00096	0.00028	0.00027	0.84534	0.24376	-0.64106	0.48296	0.00010
Tl	2004	78	0.00001	0.00026	0.00009	0.00007	0.20300	0.27221	-0.85170	0.53818	0.00010
	2005	20	0.00001	0.00281	0.00025	0.00061	4.20292	0.51210	18.26562	0.99238	0.00010
	Total	98	0.00001	0.00281	0.00012	0.00029	8.76022	0.24376	82.81102	0.48296	0.00010
Pb	2004	78	0.00679	0.11077	0.01958	0.01329	4.46145	0.27221	28.51653	0.53818	0.01720
	2005	20	0.00586	0.06369	0.02180	0.01414	1.51802	0.51210	2.83878	0.99238	0.01820
	Total	98	0.00586	0.11077	0.02003	0.01343	3.74622	0.24376	21.57333	0.48296	0.01740
Th	2004	78	0.00000	0.00050	0.00014	0.00009	1.67591	0.27221	4.10350	0.53818	0.00010
	2005	20	0.00000	0.00028	0.00011	0.00009	0.13638	0.51210	-1.02622	0.99238	0.00000
	Total	98	0.00000	0.00050	0.00013	0.00009	1.30709	0.24376	3.13210	0.48296	0.00010
U	2004	78	0.00000	0.00052	0.00014	0.00010	0.65507	0.27221	0.51813	0.53818	0.00010
	2005	20	0.00000	0.00075	0.00029	0.00026	0.41673	0.51210	-1.28096	0.99238	0.00010
	Total	98	0.00000	0.00075	0.00017	0.00016	1.54612	0.24376	2.72707	0.48296	0.00010
Mo	2004	78	0.00004	0.01053	0.00206	0.00209	1.03897	0.27221	1.85759	0.53818	0.00060
	2005	20	0.00004	0.00004	0.00004	0.00000	.	.	.	.	0.00000
	Total	98	0.00004	0.01053	0.00165	0.00203	1.31179	0.24376	2.29243	0.48296	0.00030

5. Resultados

c) Se consideran aisladamente los datos de Santa Ana (S.A.) en la fracción PM₁₀.

S.A.	año	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀	2004	79	14.00000	122.00000	47.02500	21.80620	1.36600	0.27100	2.57500	0.53500	42.57600
	2005	13	22.00000	64.00000	36.15400	12.25320	1.05600	0.61600	0.66300	1.19100	34.44700
	Total	92	14.00000	122.00000	45.48900	21.02090	1.46000	0.25100	2.98200	0.49800	41.32000
PM ₁₀ M	2004	79	14.00000	122.00000	47.02532	21.80624	1.36641	0.27054	2.57539	0.53495	42.57600
	2005	13	22.00000	64.00000	36.15385	12.25320	1.05569	0.61634	0.66347	1.19087	34.44700
	Total	92	14.00000	122.00000	45.48913	21.02092	1.45975	0.25134	2.98175	0.49771	41.32000
OM+EC	2004	79	0.50000	11.01563	4.42181	2.27681	0.87407	0.27054	0.76356	0.53495	3.81600
	2005	13	2.35332	12.54212	6.11046	2.95929	0.84860	0.61634	0.44478	1.19087	5.47500
	Total	92	0.50000	12.54212	4.66043	2.43884	0.94000	0.25134	0.89173	0.49771	4.01500
Al ₂ O ₃	2004	79	0.13373	12.02533	1.94067	2.31822	2.79387	0.27054	8.52079	0.53495	1.23800
	2005	13	0.17270	1.22030	0.83911	0.28234	-1.12848	0.61634	1.33190	1.19087	0.76800
	Total	92	0.13373	12.02533	1.78501	2.18307	3.05372	0.25134	10.33814	0.49771	1.15700
Ca	2004	79	0.27070	9.12215	2.90495	2.07145	1.29919	0.27054	1.30356	0.53495	2.25700
	2005	13	0.23661	4.33366	2.57734	1.22146	-0.40881	0.61634	-0.44693	1.19087	2.13000
	Total	92	0.23661	9.12215	2.85866	1.97176	1.32094	0.25134	1.65198	0.49771	2.23900
K	2004	79	0.11298	2.22323	0.53448	0.42044	2.29056	0.27054	6.07196	0.53495	0.42800
	2005	13	0.23636	0.62675	0.43782	0.12576	-0.02859	0.61634	-1.36665	1.19087	0.42000
	Total	92	0.11298	2.22323	0.52082	0.39338	2.48231	0.25134	7.42631	0.49771	0.42700
Na	2004	79	0.00703	5.29011	1.18068	0.98792	1.49204	0.27054	2.96055	0.53495	0.79000
	2005	13	0.14023	1.01100	0.54366	0.28241	0.04950	0.61634	-1.08808	1.19087	0.46100
	Total	92	0.00703	5.29011	1.09067	0.94702	1.67041	0.25134	3.67449	0.49771	0.73200
Mg	2004	79	0.06015	1.58989	0.42089	0.32243	2.06583	0.27054	4.79689	0.53495	0.33200
	2005	13	0.09809	0.35266	0.23470	0.07115	-0.16126	0.61634	0.14701	1.19087	0.22300
	Total	92	0.06015	1.58989	0.39458	0.30664	2.26863	0.25134	5.90720	0.49771	0.31400
Fe	2004	79	0.09045	3.68267	0.60015	0.67996	2.96928	0.27054	9.86533	0.53495	0.41000
	2005	13	0.05709	0.46545	0.31882	0.11887	-1.08682	0.61634	0.95019	1.19087	0.28400
	Total	92	0.05709	3.68267	0.56039	0.63865	3.23211	0.25134	11.87251	0.49771	0.38900
SO ₄ ²⁻	2004	79	1.02181	14.33926	5.12032	2.70891	1.12282	0.27054	1.72653	0.53495	4.43900
	2005	13	1.40658	7.24487	3.67119	1.45314	1.02092	0.61634	2.21155	1.19087	3.41500
	Total	92	1.02181	14.33926	4.91555	2.61265	1.23542	0.25134	2.10977	0.49771	4.27700
NO ₃ ⁻	2004	79	0.42000	11.18000	3.65835	2.35231	1.26275	0.27054	1.45031	0.53495	2.98000
	2005	13	0.65000	8.13000	3.56538	2.42028	0.79552	0.61634	-0.46178	1.19087	2.81300
	Total	92	0.42000	11.18000	3.64522	2.34870	1.18281	0.25134	1.14115	0.49771	2.95600
Cl ⁻	2004	79	0.33000	5.05000	0.94443	0.80335	3.20507	0.27054	12.17537	0.53495	0.77200
	2005	13	0.33000	2.87000	0.79385	0.67567	2.79304	0.61634	8.49571	1.19087	0.65200
	Total	92	0.33000	5.05000	0.92315	0.78496	3.16192	0.25134	11.91768	0.49771	0.75400
NH ₄ ⁺	2004	79	0.26000	7.27000	1.69253	1.39764	2.25900	0.27054	5.82986	0.53495	1.30700
	2005	13	0.21000	3.73000	1.45538	0.93002	1.08519	0.61634	1.91476	1.19087	1.16400
	Total	92	0.21000	7.27000	1.65902	1.33989	2.27238	0.25134	6.21131	0.49771	1.28500
Li	2004	79	0.00004	0.00555	0.00075	0.00097	3.06107	0.27054	10.75121	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00009	0.00069	0.00041	0.00018	-0.21422	0.61634	-0.61230	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00004	0.00555	0.00071	0.00090	3.33296	0.25134	12.91921	0.49771	0.00000
P	2004	79	0.00054	0.11633	0.03738	0.02264	1.07174	0.27054	2.11044	0.53495	0.03000
	2005	13	0.01618	0.04527	0.02904	0.00797	0.21456	0.61634	0.47490	1.19087	0.02800
	Total	92	0.00054	0.11633	0.03620	0.02136	1.22978	0.25134	2.78432	0.49771	0.02900
Ti	2004	79	0.00659	0.34923	0.05464	0.06588	3.00020	0.27054	9.75966	0.53495	0.03600
	2005	13	0.00337	0.07892	0.02971	0.01850	1.46833	0.61634	3.77529	1.19087	0.02400
	Total	92	0.00337	0.34923	0.05112	0.06198	3.23190	0.25134	11.59612	0.49771	0.03400
V	2004	79	0.00023	0.03328	0.00955	0.00775	1.28177	0.27054	1.17118	0.53495	0.00700

5. Resultados

	2005	13	0.00133	0.01007	0.00434	0.00260	0.95243	0.61634	0.47268	1.19087	0.00400
	Total	92	0.00023	0.03328	0.00881	0.00747	1.44980	0.25134	1.74098	0.49771	0.00600
Cr	2004	79	0.00010	0.00934	0.00252	0.00178	1.89166	0.27054	4.50736	0.53495	0.00200
	2005	13	0.00041	0.00226	0.00127	0.00054	0.14132	0.61634	-0.69501	1.19087	0.00100
	Total	92	0.00010	0.00934	0.00234	0.00172	2.03567	0.25134	5.28031	0.49771	0.00200
Mn	2004	79	0.00169	0.06285	0.01256	0.01162	2.65512	0.27054	8.46787	0.53495	0.00900
	2005	13	0.00149	0.01127	0.00713	0.00272	-0.63967	0.61634	0.47402	1.19087	0.00600
	Total	92	0.00149	0.06285	0.01180	0.01097	2.87893	0.25134	10.10268	0.49771	0.00900
Co	2004	79	0.00001	0.00182	0.00031	0.00032	2.84168	0.27054	10.07536	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00005	0.00038	0.00022	0.00010	-0.04092	0.61634	-0.84338	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00001	0.00182	0.00030	0.00030	3.05402	0.25134	11.89419	0.49771	0.00000
Ni	2004	79	0.00032	0.01996	0.00488	0.00415	1.66742	0.27054	2.96886	0.53495	0.00300
	2005	13	0.00095	0.00577	0.00261	0.00150	0.77661	0.61634	0.12165	1.19087	0.00200
	Total	92	0.00032	0.01996	0.00456	0.00396	1.83028	0.25134	3.74506	0.49771	0.00300
Cu	2004	79	0.00017	0.09303	0.00786	0.01222	4.97321	0.27054	31.35606	0.53495	0.00300
	2005	13	0.00017	0.01366	0.00557	0.00465	0.49416	0.61634	-0.80214	1.19087	0.00300
	Total	92	0.00017	0.09303	0.00753	0.01147	5.21570	0.25134	35.21056	0.49771	0.00300
Zn	2004	79	0.00298	0.07267	0.02244	0.01299	1.28308	0.27054	2.43328	0.53495	0.01900
	2005	13	0.00584	0.06444	0.02422	0.01497	1.83114	0.61634	4.05718	1.19087	0.02100
	Total	92	0.00298	0.07267	0.02269	0.01321	1.35708	0.25134	2.49718	0.49771	0.01900
As	2004	79	0.00006	0.00173	0.00063	0.00035	1.01503	0.27054	1.02372	0.53495	0.00100
	2005	13	0.00024	0.00131	0.00054	0.00027	2.16896	0.61634	6.02891	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00006	0.00173	0.00062	0.00034	1.11438	0.25134	1.23942	0.49771	0.00100
Se	2004	79	0.00000	0.00204	0.00064	0.00050	0.73079	0.27054	0.22515	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00024	0.00253	0.00054	0.00061	3.45611	0.61634	12.19245	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00000	0.00253	0.00063	0.00051	1.20588	0.25134	1.80132	0.49771	0.00000
Rb	2004	79	0.00034	0.00792	0.00153	0.00147	2.63969	0.27054	8.05536	0.53495	0.00100
	2005	13	0.00062	0.00131	0.00093	0.00023	0.00991	0.61634	-1.07192	1.19087	0.00100
	Total	92	0.00034	0.00792	0.00144	0.00138	2.89975	0.25134	9.84522	0.49771	0.00100
Sr	2004	79	0.00166	0.03244	0.01002	0.00670	1.24959	0.27054	1.20907	0.53495	0.00800
	2005	13	0.00130	0.01241	0.00752	0.00326	-0.37042	0.61634	-0.26519	1.19087	0.00700
	Total	92	0.00130	0.03244	0.00966	0.00637	1.35261	0.25134	1.73551	0.49771	0.00800
Y	2004	79	0.00000	0.00197	0.00030	0.00034	3.07980	0.27054	12.16324	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00000	0.00022	0.00010	0.00008	0.05022	0.61634	-1.62780	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00000	0.00197	0.00027	0.00033	3.25808	0.25134	13.80488	0.49771	0.00000
Zr	2004	79	0.00040	0.01412	0.00486	0.00280	0.89068	0.27054	1.54936	0.53495	0.00400
	2005	13	0.00040	0.00913	0.00637	0.00270	-1.15227	0.61634	1.00049	1.19087	0.00500
	Total	92	0.00040	0.01412	0.00508	0.00282	0.61712	0.25134	0.83866	0.49771	0.00400
Cd	2004	79	0.00000	0.00096	0.00017	0.00015	2.50633	0.27054	9.45522	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00001	0.00129	0.00026	0.00032	3.06269	0.61634	10.18396	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00000	0.00129	0.00018	0.00019	3.36887	0.25134	15.65061	0.49771	0.00000
Sn	2004	79	0.00001	0.00615	0.00171	0.00160	1.19503	0.27054	0.40816	0.53495	0.00100
	2005	13	0.00001	0.00199	0.00050	0.00058	1.41301	0.61634	2.33641	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00001	0.00615	0.00154	0.00155	1.34489	0.25134	0.89876	0.49771	0.00100
Sb	2004	79	0.00014	0.00388	0.00112	0.00071	1.82090	0.27054	4.45114	0.53495	0.00100
	2005	13	0.00036	0.00281	0.00116	0.00071	0.97460	0.61634	1.00529	1.19087	0.00100
	Total	92	0.00014	0.00388	0.00113	0.00071	1.69146	0.25134	3.85631	0.49771	0.00100
Cs	2004	79	0.00001	0.00049	0.00010	0.00011	1.70727	0.27054	3.28914	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00002	0.00008	0.00006	0.00002	-0.75744	0.61634	-0.29303	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00001	0.00049	0.00010	0.00010	1.92730	0.25134	4.37439	0.49771	0.00000
Ba	2004	79	0.00069	0.21284	0.01508	0.02523	6.45866	0.27054	49.37727	0.53495	0.00900
	2005	13	0.00212	0.01794	0.00968	0.00452	0.22894	0.61634	-0.52921	1.19087	0.00900

5. Resultados

La	Total	92	0.00069	0.21284	0.01432	0.02350	6.92703	0.25134	57.04062	0.49771	0.00900
	2004	79	0.00003	0.00281	0.00051	0.00056	2.74016	0.27054	8.25858	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00007	0.00027	0.00020	0.00005	-0.91080	0.61634	1.96321	1.19087	0.00000
Ce	Total	92	0.00003	0.00281	0.00046	0.00053	2.98551	0.25134	9.94484	0.49771	0.00000
	2004	79	0.00001	0.00685	0.00098	0.00125	3.08476	0.27054	10.76500	0.53495	0.00100
	2005	13	0.00016	0.00063	0.00047	0.00012	-1.37053	0.61634	2.88294	1.19087	0.00000
Pr	Total	92	0.00001	0.00685	0.00091	0.00117	3.37247	0.25134	12.98975	0.49771	0.00100
	2004	79	0.00000	0.00069	0.00014	0.00013	2.48547	0.27054	7.51583	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00002	0.00006	0.00005	0.00001	-1.29186	0.61634	2.29986	1.19087	0.00000
Nd	Total	92	0.00000	0.00069	0.00012	0.00013	2.68484	0.25134	8.80349	0.49771	0.00000
	2004	79	0.00000	0.00278	0.00047	0.00057	2.73810	0.27054	8.14835	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00007	0.00025	0.00019	0.00005	-1.20677	0.61634	1.89359	1.19087	0.00000
Hf	Total	92	0.00000	0.00278	0.00043	0.00053	2.99993	0.25134	9.92356	0.49771	0.00000
	2004	79	0.00000	0.00172	0.00044	0.00044	0.84300	0.27054	-0.03439	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00000	0.00171	0.00114	0.00051	-1.09779	0.61634	0.93661	1.19087	0.00100
Ti	Total	92	0.00000	0.00172	0.00054	0.00051	0.66687	0.25134	-0.60767	0.49771	0.00000
	2004	79	0.00000	0.00021	0.00005	0.00004	1.32254	0.27054	2.33266	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00002	0.00495	0.00043	0.00136	3.60046	0.61634	12.97333	1.19087	0.00000
Pb	Total	92	0.00000	0.00495	0.00010	0.00051	9.48970	0.25134	90.67371	0.49771	0.00000
	2004	79	0.00055	0.03913	0.00858	0.00544	2.53947	0.27054	11.68999	0.53495	0.00700
	2005	13	0.00216	0.04503	0.01195	0.01223	1.93085	0.61634	3.87663	1.19087	0.00800
Th	Total	92	0.00055	0.04503	0.00906	0.00682	2.81868	0.25134	11.30726	0.49771	0.00700
	2004	79	0.00000	0.00091	0.00011	0.00016	3.24167	0.27054	12.56569	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00000	0.00010	0.00004	0.00004	0.28360	0.61634	-1.57464	1.19087	0.00000
U	Total	92	0.00000	0.00091	0.00010	0.00016	3.48105	0.25134	14.68447	0.49771	0.00000
	2004	79	0.00001	0.00041	0.00012	0.00011	1.09238	0.27054	0.08225	0.53495	0.00000
	2005	13	0.00001	0.00004	0.00002	0.00001	0.36640	0.61634	-1.23303	1.19087	0.00000
Mo	Total	92	0.00001	0.00041	0.00011	0.00011	1.27945	0.25134	0.56087	0.49771	0.00000
	2004	79	0.00004	0.01695	0.00239	0.00304	2.54462	0.27054	9.33702	0.53495	0.00100
	2005	13	0.00004	0.00339	0.00132	0.00123	0.18655	0.61634	-1.56349	1.19087	0.00000
	Total	92	0.00004	0.01695	0.00224	0.00288	2.69989	0.25134	10.72232	0.49771	0.00100

d) Se consideran aisladamente los datos de Mompeán (M) en la fracción PM₁₀.

M	año	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀	2005	159	8.23065	59.14882	28.80236	9.26496	0.56781	0.19246	0.46968	0.38262	27.30172
	2006	364	8.59671	109.93906	33.74510	12.98815	1.72712	0.12786	6.33618	0.25504	31.58717
	2007	365	11.35754	131.26438	34.26338	11.99022	2.11186	0.12769	11.82599	0.25470	32.49962
	2008	359	5.77782	100.48743	29.43020	11.34270	1.67327	0.12874	6.92399	0.25679	27.46371
	Total	1247	5.77782	131.26438	32.02435	12.02465	1.75510	0.06928	7.93349	0.13845	30.03081
PM ₁₀ M	2006	8	20.83331	47.99284	30.58831	8.75549	0.97838	0.75210	1.48845	1.48088	29.56798
	2007	78	16.34058	71.61278	35.79980	10.21533	0.88079	0.27221	1.53648	0.53818	34.43100
	Total	86	16.34058	71.61278	35.31501	10.15692	0.88664	0.25968	1.49430	0.51390	33.94675
OM+EC	2006	8	3.90264	9.85328	7.84439	2.41956	-1.30504	0.75210	-0.15454	1.48088	7.41452
	2007	41	3.26906	11.18737	5.84813	2.04593	1.06177	0.36950	0.39383	0.72448	5.54252
	Total	49	3.26906	11.18737	6.17405	2.21307	0.65413	0.33983	-0.81378	0.66806	5.81219
Al ₂ O ₃	2006	8	0.26240	1.01735	0.58979	0.26439	0.36108	0.75210	-0.92702	1.48088	0.53614
	2007	78	0.23222	4.82886	1.02404	0.71621	2.76391	0.27221	10.40894	0.53818	0.86925
	Total	86	0.23222	4.82886	0.98364	0.69751	2.83732	0.25968	11.12693	0.51390	0.83104
Ca	2006	8	0.80668	2.24424	1.39726	0.49124	0.34132	0.75210	-0.43124	1.48088	1.32039
	2007	78	0.38352	4.62404	1.39957	0.63003	2.76707	0.27221	11.41081	0.53818	1.29854

5. Resultados

Ca _{sol}	Total	86	0.38352	4.62404	1.39936	0.61600	2.68674	0.25968	11.26095	0.51390	1.30056
	2006	8	0.80000	1.83744	1.31760	0.39198	-0.27166	0.75210	-1.70148	1.48088	1.26222
	2007	41	0.38000	2.22740	1.19986	0.36494	0.78941	0.36950	1.71339	0.72448	1.14523
K	Total	49	0.38000	2.22740	1.21908	0.36786	0.60733	0.33983	0.89385	0.66806	1.16356
	2006	8	0.16346	0.56910	0.31987	0.14076	0.81932	0.75210	-0.17925	1.48088	0.29451
	2007	78	0.14000	0.93472	0.34551	0.14918	1.66024	0.27221	3.48098	0.53818	0.31987
K _{sol}	Total	86	0.14000	0.93472	0.34313	0.14781	1.59643	0.25968	3.28206	0.51390	0.31743
	2006	8	0.16000	0.53670	0.29761	0.12981	0.98830	0.75210	0.28682	1.48088	0.27516
	2007	41	0.14000	0.57445	0.29227	0.09654	1.14082	0.36950	1.48814	0.72448	0.27834
Na	Total	49	0.14000	0.57445	0.29314	0.10113	1.07112	0.33983	0.98089	0.66806	0.27782
	2006	8	0.23250	0.76788	0.43478	0.22326	0.69796	0.75210	-1.82616	1.48088	0.38945
	2007	78	0.21034	4.20797	1.43774	0.99332	0.84660	0.27221	-0.01119	0.53818	1.09792
Na _{sol}	Total	86	0.21034	4.20797	1.34444	0.99186	0.94611	0.25968	0.15100	0.51390	0.99701
	2006	8	0.15747	0.71761	0.33370	0.21355	1.01903	0.75210	-0.45876	1.48088	0.28291
	2007	41	0.19106	3.06261	1.09027	0.76029	0.99385	0.36950	0.22086	0.72448	0.84606
Mg	Total	49	0.15747	3.06261	0.96675	0.75377	1.15023	0.33983	0.61165	0.66806	0.70750
	2006	8	0.12434	0.28095	0.19799	0.05366	0.34926	0.75210	-0.67161	1.48088	0.19162
	2007	78	0.07384	0.91416	0.35293	0.15914	0.93657	0.27221	0.99308	0.53818	0.31934
Mg _{sol}	Total	86	0.07384	0.91416	0.33852	0.15883	1.01396	0.25968	1.09915	0.51390	0.30453
	2006	8	0.10820	0.16939	0.14101	0.02232	-0.02008	0.75210	-1.41793	1.48088	0.13944
	2007	41	0.09891	0.47619	0.22430	0.09672	1.01962	0.36950	0.38247	0.72448	0.20636
Fe	Total	49	0.09891	0.47619	0.21070	0.09400	1.22991	0.33983	0.89400	0.66806	0.19357
	2006	8	0.21143	0.90097	0.54529	0.22536	-0.01493	0.75210	-0.38620	1.48088	0.49821
	2007	78	0.18715	1.76792	0.51084	0.25025	2.19383	0.27221	7.68635	0.53818	0.46544
SO ₄ ²⁻	Total	86	0.18715	1.76792	0.51405	0.24701	2.05056	0.25968	7.13983	0.51390	0.46839
	2006	8	2.22008	4.02930	2.76052	0.59267	1.57713	0.75210	2.77688	1.48088	2.71160
	2007	78	0.90800	12.54034	5.47633	2.17080	0.29147	0.27221	0.37338	0.53818	4.98230
NO ₃ ⁻	Total	86	0.90800	12.54034	5.22370	2.21977	0.40080	0.25968	0.14710	0.51390	4.70818
	2006	8	1.26290	3.12698	1.76612	0.67302	1.48120	0.75210	1.42713	1.48088	1.67385
	2007	41	0.89209	7.19218	3.19639	1.57498	0.83326	0.36950	0.26658	0.72448	2.83562
Cl ⁻	Total	49	0.89209	7.19218	2.96288	1.55514	0.98850	0.33983	0.54429	0.66806	2.60178
	2006	8	0.26178	1.04946	0.54338	0.28756	0.74572	0.75210	-0.45934	1.48088	0.48024
	2007	41	0.14029	2.14399	0.76593	0.43051	0.94212	0.36950	1.25973	0.72448	0.64789
F ⁻	Total	49	0.14029	2.14399	0.72960	0.41643	1.01910	0.33983	1.46884	0.66806	0.61698
	2006	8	0.03149	0.04522	0.03674	0.00436	0.89193	0.75210	1.10601	1.48088	0.03652
	2007	41	0.01996	0.06695	0.03688	0.01093	1.09408	0.36950	1.03955	0.72448	0.03546
NH ₄ ⁺	Total	49	0.01996	0.06695	0.03685	0.01011	1.15435	0.33983	1.56704	0.66806	0.03563
	2006	8	0.59677	1.26637	0.80802	0.28863	1.19085	0.75210	-0.43841	1.48088	0.76951
	2007	41	0.32497	3.65774	1.66792	0.70066	0.43955	0.36950	0.63279	0.72448	1.50320
Li	Total	49	0.32497	3.65774	1.52753	0.72413	0.57478	0.33983	0.34931	0.66806	1.34753
	2006	8	0.00015	0.00043	0.00029	0.00010	-0.01745	0.75210	-1.47649	1.48088	0.00027
	2007	78	0.00011	0.00157	0.00043	0.00024	2.27526	0.27221	6.96039	0.53818	0.00038
P	Total	86	0.00011	0.00157	0.00041	0.00024	2.35202	0.25968	7.55724	0.51390	0.00037
	2006	8	0.02054	0.05642	0.03466	0.01287	0.52659	0.75210	-0.69884	1.48088	0.03262
	2007	78	0.00174	0.05399	0.02475	0.01078	0.24294	0.27221	0.31950	0.53818	0.02170
Ti	Total	86	0.00174	0.05642	0.02567	0.01128	0.34370	0.25968	0.34474	0.51390	0.02253
	2006	8	0.00957	0.03144	0.02065	0.00828	0.12324	0.75210	-1.37686	1.48088	0.01910
	2007	78	0.00905	0.15116	0.02959	0.02118	3.29066	0.27221	14.51984	0.53818	0.02538
V	Total	86	0.00905	0.15116	0.02876	0.02047	3.39543	0.25968	15.67913	0.51390	0.02472
	2006	8	0.00145	0.00964	0.00446	0.00249	1.27356	0.75210	2.39261	1.48088	0.00389
	2007	78	0.00121	0.04856	0.01293	0.01081	1.41950	0.27221	1.67910	0.53818	0.00919
Cr	Total	86	0.00121	0.04856	0.01214	0.01061	1.52755	0.25968	2.04585	0.51390	0.00848
	2006	8	0.00075	0.00253	0.00191	0.00076	-1.03374	0.75210	-0.69900	1.48088	0.00173
	2007	78	0.00046	0.00457	0.00179	0.00080	0.82312	0.27221	0.85063	0.53818	0.00161

5. Resultados

Mn	Total	86	0.00046	0.00457	0.00180	0.00079	0.69856	0.25968	0.65155	0.51390	0.00162
	2006	8	0.00415	0.01672	0.01019	0.00423	0.17229	0.75210	-0.79073	1.48088	0.00935
	2007	78	0.00403	0.03436	0.01068	0.00535	2.26502	0.27221	7.32746	0.53818	0.00971
Co	Total	86	0.00403	0.03436	0.01063	0.00524	2.19973	0.25968	7.27253	0.51390	0.00968
	2006	8	0.00000	0.00013	0.00006	0.00005	0.08258	0.75210	-1.19563	1.48088	0.00004
	2007	78	0.00000	0.00057	0.00018	0.00010	1.20595	0.27221	2.23100	0.53818	0.00015
Ni	Total	86	0.00000	0.00057	0.00017	0.00010	1.17497	0.25968	2.14199	0.51390	0.00013
	2006	8	0.00071	0.00394	0.00217	0.00115	0.21260	0.75210	-1.46054	1.48088	0.00188
	2007	78	0.00019	0.01818	0.00520	0.00445	1.22050	0.27221	1.09836	0.53818	0.00322
Cu	Total	86	0.00019	0.01818	0.00492	0.00434	1.34425	0.25968	1.46776	0.51390	0.00306
	2006	8	0.00904	0.03765	0.02401	0.01032	-0.58536	0.75210	-0.75850	1.48088	0.02145
	2007	78	0.00277	0.08969	0.01543	0.01202	3.57556	0.27221	18.92665	0.53818	0.01263
Zn	Total	86	0.00277	0.08969	0.01623	0.01208	3.12217	0.25968	15.66345	0.51390	0.01327
	2006	8	0.42046	1.83155	0.95029	0.48097	0.78903	0.75210	-0.05676	1.48088	0.84920
	2007	78	0.03467	4.35940	0.72805	0.59237	3.50659	0.27221	18.25105	0.53818	0.57567
As	Total	86	0.03467	4.35940	0.74872	0.58408	3.29543	0.25968	16.90862	0.51390	0.59687
	2006	8	0.00049	0.00260	0.00141	0.00073	0.26949	0.75210	-0.66647	1.48088	0.00122
	2007	78	0.00027	0.00519	0.00125	0.00090	2.12142	0.27221	5.57742	0.53818	0.00103
Se	Total	86	0.00027	0.00519	0.00127	0.00088	2.02039	0.25968	5.28457	0.51390	0.00105
	2006	8	0.00038	0.00087	0.00052	0.00017	1.61161	0.75210	1.97027	1.48088	0.00050
	2007	78	0.00007	0.00126	0.00064	0.00024	0.24360	0.27221	0.10641	0.53818	0.00058
Rb	Total	86	0.00007	0.00126	0.00063	0.00023	0.33437	0.25968	0.09670	0.51390	0.00058
	2006	8	0.00032	0.00094	0.00064	0.00022	-0.14951	0.75210	-1.24318	1.48088	0.00061
	2007	78	0.00026	0.00274	0.00079	0.00042	2.17214	0.27221	6.17822	0.53818	0.00071
Sr	Total	86	0.00026	0.00274	0.00078	0.00041	2.22956	0.25968	6.72512	0.51390	0.00070
	2006	8	0.00253	0.00586	0.00422	0.00132	-0.30251	0.75210	-1.71384	1.48088	0.00402
	2007	78	0.00220	0.01538	0.00548	0.00217	1.97771	0.27221	6.37969	0.53818	0.00514
Y	Total	86	0.00220	0.01538	0.00536	0.00213	1.97368	0.25968	6.61461	0.51390	0.00502
	2006	8	0.00010	0.00023	0.00016	0.00005	0.29501	0.75210	-1.09931	1.48088	0.00015
	2007	78	0.00007	0.00077	0.00026	0.00017	0.78871	0.27221	-0.36694	0.53818	0.00020
Zr	Total	86	0.00007	0.00077	0.00025	0.00017	0.92130	0.25968	-0.08758	0.51390	0.00020
	2006	8	0.00159	0.00803	0.00511	0.00235	-0.43625	0.75210	-1.55666	1.48088	0.00451
	2007	78	0.00009	0.01360	0.00920	0.00256	-0.87752	0.27221	1.37999	0.53818	0.00845
Cd	Total	86	0.00009	0.01360	0.00882	0.00279	-0.76854	0.25968	0.60505	0.51390	0.00797
	2006	8	0.00036	0.00076	0.00058	0.00015	-0.20763	0.75210	-1.76514	1.48088	0.00056
	2007	78	0.00008	0.00527	0.00064	0.00086	3.50347	0.27221	13.83973	0.53818	0.00040
Sn	Total	86	0.00008	0.00527	0.00063	0.00082	3.67452	0.25968	15.46251	0.51390	0.00042
	2006	8	0.00165	0.00509	0.00367	0.00133	-0.82392	0.75210	-0.53637	1.48088	0.00340
	2007	78	0.00087	0.00546	0.00250	0.00108	0.97247	0.27221	0.50897	0.53818	0.00229
Sb	Total	86	0.00087	0.00546	0.00261	0.00115	0.80547	0.25968	-0.14517	0.51390	0.00237
	2006	8	0.00165	0.01203	0.00551	0.00351	0.77578	0.75210	0.32788	1.48088	0.00450
	2007	78	0.00091	0.03615	0.00315	0.00418	6.60431	0.27221	51.52457	0.53818	0.00236
Cs	Total	86	0.00091	0.03615	0.00337	0.00416	6.03489	0.25968	45.85694	0.51390	0.00251
	2006	8	0.00003	0.00008	0.00005	0.00001	0.90533	0.75210	2.17223	1.48088	0.00005
	2007	78	0.00003	0.00019	0.00006	0.00003	1.90570	0.27221	4.52072	0.53818	0.00006
Ba	Total	86	0.00003	0.00019	0.00006	0.00003	1.97698	0.25968	4.99741	0.51390	0.00006
	2006	8	0.00711	0.01854	0.01408	0.00414	-1.04935	0.75210	-0.28006	1.48088	0.01341
	2007	78	0.00031	0.04047	0.01463	0.00725	0.95582	0.27221	1.33983	0.53818	0.01252
La	Total	86	0.00031	0.04047	0.01457	0.00701	0.95976	0.25968	1.55201	0.51390	0.01260
	2006	8	0.00011	0.00036	0.00022	0.00008	0.19413	0.75210	-0.91321	1.48088	0.00021
	2007	78	0.00001	0.00115	0.00024	0.00019	2.15323	0.27221	7.06750	0.53818	0.00017
Ce	Total	86	0.00001	0.00115	0.00024	0.00018	2.21586	0.25968	7.72752	0.51390	0.00017
	2006	8	0.00028	0.00083	0.00056	0.00019	-0.22877	0.75210	-1.15207	1.48088	0.00053
	2007	78	0.00000	0.00282	0.00052	0.00048	2.26461	0.27221	7.43936	0.53818	0.00028

5. Resultados

Pr	Total	86	0.00000	0.00282	0.00052	0.00046	2.29432	0.25968	8.02399	0.51390	0.00030
	2006	8	0.00003	0.00007	0.00005	0.00002	-0.03348	0.75210	-1.15051	1.48088	0.00005
	2007	78	0.00000	0.00028	0.00005	0.00005	2.37080	0.27221	8.23860	0.53818	0.00002
Nd	Total	86	0.00000	0.00028	0.00005	0.00004	2.43439	0.25968	9.03183	0.51390	0.00002
	2006	8	0.00012	0.00031	0.00021	0.00007	0.05851	0.75210	-1.49265	1.48088	0.00020
	2007	78	0.00000	0.00120	0.00020	0.00020	2.28751	0.27221	7.72836	0.53818	0.00008
Hf	Total	86	0.00000	0.00120	0.00020	0.00020	2.34902	0.25968	8.49336	0.51390	0.00009
	2006	8	0.00001	0.00028	0.00015	0.00011	-0.40203	0.75210	-1.89363	1.48088	0.00009
	2007	78	0.00001	0.00070	0.00045	0.00015	-0.96129	0.27221	0.80384	0.53818	0.00041
Ti	Total	86	0.00001	0.00070	0.00043	0.00017	-0.79037	0.25968	-0.02533	0.51390	0.00035
	2006	8	0.00005	0.00011	0.00007	0.00002	0.17806	0.75210	-0.23376	1.48088	0.00007
	2007	78	0.00003	0.00015	0.00006	0.00003	1.05223	0.27221	0.38263	0.53818	0.00005
Pb	Total	86	0.00003	0.00015	0.00006	0.00003	0.93063	0.25968	0.20277	0.51390	0.00005
	2006	8	0.01143	0.07058	0.02716	0.01849	2.26692	0.75210	5.79273	1.48088	0.02345
	2007	78	0.00485	0.07383	0.01874	0.01321	2.08584	0.27221	5.07626	0.53818	0.01562
Th	Total	86	0.00485	0.07383	0.01952	0.01387	2.09047	0.25968	4.91807	0.51390	0.01622
	2006	8	0.00004	0.00010	0.00006	0.00002	0.37160	0.75210	-1.14077	1.48088	0.00006
	2007	78	0.00001	0.00039	0.00010	0.00007	1.49151	0.27221	3.09625	0.53818	0.00008
U	Total	86	0.00001	0.00039	0.00010	0.00007	1.60740	0.25968	3.58887	0.51390	0.00008
	2006	8	0.00007	0.00014	0.00010	0.00002	0.79333	0.75210	-0.40468	1.48088	0.00010
	2007	78	0.00007	0.00026	0.00012	0.00005	0.62867	0.27221	-0.21356	0.53818	0.00011
Mo	Total	86	0.00007	0.00026	0.00012	0.00004	0.72411	0.25968	-0.03016	0.51390	0.00011
	2006	8	0.00000	0.00003	0.00000	0.00001	2.82843	0.75210	8.00000	1.48088	0.00000
	Total	86	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	9.27362	0.25968	86.00000	0.51390	0.00000

e) Los datos de las estaciones de Santa Ana y Mompeán se consideran conjuntamente en la fracción PM_{2.5}.

Total	año	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM _{2.5}	2004	83	7.00000	47.00000	22.55422	9.01118	0.78779	0.26417	0.40696	0.52261	20.83080
	2005	15	12.00000	35.00000	22.06667	6.68117	0.47477	0.58012	-0.37318	1.12090	21.13273
	2006	65	4.71546	44.71166	24.79446	8.78886	0.33518	0.29712	-0.16692	0.58624	23.10645
	2007	89	7.87068	51.16672	22.16172	8.28716	0.94052	0.25541	1.08333	0.50561	20.72313
	2008	47	6.14419	34.88459	18.78537	6.71857	0.55660	0.34657	0.07394	0.68092	17.58634
	Total	299	4.71546	51.16672	22.30751	8.46230	0.73124	0.14095	0.41727	0.28099	20.72907
PM _{2.5} M	2004	83	7.00000	47.00000	22.55422	9.01118	0.78779	0.26417	0.40696	0.52261	20.83080
	2005	15	12.00000	35.00000	22.06667	6.68117	0.47477	0.58012	-0.37318	1.12090	21.13273
	2006	14	4.71546	39.13148	20.33419	10.08837	0.36471	0.59738	-0.64356	1.15405	17.74315
	2007	81	7.87068	51.16672	22.82625	8.22925	0.93527	0.26730	1.11403	0.52867	21.44398
	Total	193	4.71546	51.16672	22.46946	8.56998	0.75935	0.17497	0.55644	0.34820	20.86533
OM+EC	2004	83	0.52481	11.18282	3.62062	2.13642	1.25323	0.26417	1.92070	0.52261	3.04228
	2005	15	2.26509	10.51773	5.91754	2.57521	0.26921	0.58012	-1.02045	1.12090	5.36065
	2006	7	3.47535	9.33335	7.26884	2.55040	-0.99930	0.79373	-1.09155	1.58745	6.78035
	2007	41	2.90883	12.22568	5.52789	2.39139	1.25637	0.36950	0.81936	0.72448	5.11160
	Total	146	0.52481	12.22568	4.56712	2.52647	0.88730	0.20068	0.27536	0.39877	3.87658
Al ₂ O ₃	2004	83	0.01663	2.79995	0.38887	0.52399	3.00829	0.26417	9.39292	0.52261	0.21894
	2005	15	0.01663	0.32463	0.12540	0.09461	0.55016	0.58012	-0.35651	1.12090	0.08289
	2006	14	0.12639	0.73165	0.47297	0.19978	-0.46208	0.59738	-1.05117	1.15405	0.42099
	2007	81	0.08190	3.10998	0.52043	0.40501	3.85077	0.26730	21.44393	0.52867	0.42946
	Total	193	0.01663	3.10998	0.42971	0.44780	3.22104	0.17497	13.46849	0.34820	0.28245
Ca	2004	83	0.01003	1.54368	0.39366	0.34123	1.61906	0.26417	2.39814	0.52261	0.27135
	2005	15	0.05821	1.28003	0.46150	0.35720	1.04113	0.58012	0.57350	1.12090	0.33256

5. Resultados

	2006	14	0.19201	1.14137	0.68555	0.29210	0.07147	0.59738	-1.02360	1.15405	0.61893
	2007	81	0.10248	7.00314	0.69054	0.83264	5.80581	0.26730	41.86809	0.52867	0.52460
	Total	193	0.01003	7.00314	0.54470	0.61197	6.59510	0.17497	64.73647	0.34820	0.38595
Ca _{sol}	2006	7	0.18000	1.08391	0.64974	0.34320	-0.04203	0.79373	-1.58063	1.58745	0.55585
	2007	41	0.09000	2.03285	0.55003	0.38476	1.91150	0.36950	4.56958	0.72448	0.45292
	Total	48	0.09000	2.03285	0.56457	0.37722	1.68010	0.34315	3.72352	0.67440	0.46665
K	2004	83	0.03402	0.71574	0.20002	0.13090	1.37624	0.26417	2.21929	0.52261	0.16398
	2005	15	0.10303	0.48229	0.24684	0.10455	0.64701	0.58012	0.41855	1.12090	0.22599
	2006	14	0.10653	0.58441	0.27241	0.14649	0.96064	0.59738	0.39057	1.15405	0.23861
K _{sol}	2007	81	0.08681	0.81884	0.22839	0.12509	2.04999	0.26730	5.76537	0.52867	0.20360
	Total	193	0.03402	0.81884	0.22082	0.12863	1.48392	0.17497	2.98382	0.34820	0.18918
	2006	7	0.10000	0.56726	0.28818	0.18328	0.88000	0.79373	-0.93864	1.58745	0.24231
Na	2007	41	0.08000	0.54000	0.20818	0.11164	1.24706	0.36950	1.13736	0.72448	0.18364
	Total	48	0.08000	0.56726	0.21985	0.12534	1.29979	0.34315	1.07548	0.67440	0.19121
	2004	83	0.00503	1.00294	0.16013	0.16069	2.71376	0.26417	9.60290	0.52261	0.11089
Na _{sol}	2005	15	0.02159	0.18464	0.09420	0.05455	0.18182	0.58012	-0.97322	1.12090	0.07630
	2006	14	0.13444	0.47098	0.26981	0.10382	0.52806	0.59738	-0.46872	1.15405	0.25156
	2007	81	0.12609	1.35181	0.51521	0.29901	0.78808	0.26730	-0.03167	0.52867	0.43189
Mg	Total	193	0.00503	1.35181	0.31199	0.28365	1.41513	0.17497	1.56967	0.34820	0.20225
	2006	7	0.09878	0.30004	0.19525	0.07609	0.26788	0.79373	-1.58659	1.58745	0.18223
	2007	41	0.06881	1.15634	0.35187	0.22452	1.43402	0.36950	2.88669	0.72448	0.29061
Mg _{sol}	Total	48	0.06881	1.15634	0.32903	0.21624	1.59400	0.34315	3.48261	0.67440	0.27148
	2004	83	0.00033	0.48648	0.13484	0.14133	1.14127	0.26417	-0.02873	0.52261	0.06954
	2005	15	0.01486	0.07214	0.03848	0.01806	0.62482	0.58012	-0.88853	1.12090	0.03468
Fe	2006	14	0.04562	0.14934	0.11066	0.03620	-0.72260	0.59738	-0.97940	1.15405	0.10379
	2007	81	0.02253	0.86359	0.14703	0.10223	4.54708	0.26730	29.97718	0.52867	0.12734
	Total	193	0.00033	0.86359	0.13071	0.11752	2.21762	0.17497	8.05139	0.34820	0.08742
SO ₄ ²⁻	2006	7	0.04000	0.12131	0.08130	0.03346	-0.20528	0.79373	-2.31809	1.58745	0.07476
	2007	41	0.05000	0.20618	0.10472	0.03755	0.45131	0.36950	-0.26575	0.72448	0.09810
	Total	48	0.04000	0.20618	0.10131	0.03758	0.41675	0.34315	-0.19703	0.67440	0.09429
NO ₃ ⁻	2004	83	0.01104	0.82821	0.12693	0.16188	3.13275	0.26417	10.05355	0.52261	0.08317
	2005	15	0.02324	0.11575	0.06991	0.02837	-0.02622	0.58012	-0.75347	1.12090	0.06361
	2006	14	0.09229	0.48409	0.24628	0.12499	0.71444	0.59738	-0.08834	1.15405	0.21733
Cl ⁻	2007	81	0.05528	1.10480	0.22811	0.16768	3.07835	0.26730	12.38112	0.52867	0.19155
	Total	193	0.01104	1.10480	0.17362	0.16566	2.67654	0.17497	9.34667	0.34820	0.12395
	2004	83	0.62468	10.20167	3.67701	1.82080	0.94152	0.26417	1.84432	0.52261	3.21099
F ⁻	2005	15	0.79718	4.79720	2.47002	0.94027	0.63334	0.58012	1.88479	1.12090	2.28989
	2006	14	1.10025	5.75388	2.46435	1.16515	1.78102	0.59738	4.47566	1.15405	2.25718
	2007	81	0.94089	10.88778	4.72137	1.95052	0.37641	0.26730	0.05661	0.52867	4.28108
NH ₄ ⁺	Total	193	0.62468	10.88778	3.93354	1.94230	0.74362	0.17497	0.54648	0.34820	3.43993
	2004	83	0.32000	7.16000	1.58723	1.42980	2.00981	0.26417	4.22443	0.52261	1.17103
	2005	15	0.34000	5.85000	2.09600	1.58988	1.38868	0.58012	1.08243	1.12090	1.63914
	2006	7	0.57667	2.84383	1.35067	0.80259	1.13906	0.79373	1.00006	1.58745	1.16923
	2007	41	0.32804	7.55762	1.51518	1.81319	2.29608	0.36950	4.35393	0.72448	0.99218
	Total	146	0.32000	7.55762	1.60793	1.53762	2.04761	0.20068	3.89081	0.39877	1.15699
	2004	83	0.00000	0.78000	0.37024	0.11749	0.17330	0.26417	3.26178	0.52261	0.00000
	2005	15	0.26000	0.73000	0.39333	0.14281	1.67482	0.58012	2.23250	1.12090	0.37414
	2006	7	0.16343	0.58764	0.34391	0.12863	0.91107	0.79373	2.45946	1.58745	0.32361
	2007	41	0.04351	0.96992	0.23125	0.21864	1.81943	0.36950	2.88377	0.72448	0.16337
	Total	146	0.00000	0.96992	0.33232	0.16659	0.58065	0.20068	1.28063	0.39877	0.00000
	2006	7	0.03508	0.08221	0.05234	0.01548	1.25949	0.79373	1.96797	1.58745	0.05058
	2007	41	0.00068	0.06632	0.02173	0.01690	0.46818	0.36950	-0.09301	0.72448	0.01009
	Total	48	0.00068	0.08221	0.02620	0.01982	0.53421	0.34315	0.06552	0.67440	0.01277
	2004	83	0.10000	11.60000	1.88964	1.57345	3.38406	0.26417	17.71085	0.52261	1.45967

5. Resultados

	2005	15	0.17000	4.50000	1.67533	1.10005	1.25527	0.58012	2.08265	1.12090	1.32266
	2006	7	0.64389	1.38645	0.95754	0.30724	0.70121	0.79373	-1.33509	1.58745	0.91791
	2007	41	0.36891	4.44925	2.04423	0.81667	0.26630	0.36950	0.79081	0.72448	1.85250
	Total	146	0.10000	11.60000	1.86634	1.32579	3.27913	0.20068	20.13433	0.39877	1.51100
Li	2004	83	0.00001	0.00452	0.00032	0.00066	5.43797	0.26417	31.47776	0.52261	0.00015
	2005	15	0.00004	0.00016	0.00010	0.00004	0.32848	0.58012	-1.34117	1.12090	0.00009
	2006	14	0.00008	0.00030	0.00018	0.00006	0.40686	0.59738	-0.34261	1.15405	0.00017
	2007	81	0.00008	0.00120	0.00024	0.00016	3.42885	0.26730	17.13237	0.52867	0.00021
	Total	193	0.00001	0.00452	0.00026	0.00045	7.73713	0.17497	67.74029	0.34820	0.00017
P	2004	83	0.00053	0.03274	0.01000	0.00765	0.91110	0.26417	0.27044	0.52261	0.00660
	2005	15	0.00214	0.01838	0.00874	0.00477	0.56759	0.58012	-0.36797	1.12090	0.00743
	2006	14	0.00414	0.04835	0.01882	0.01170	1.34243	0.59738	2.03375	1.15405	0.01579
	2007	81	0.00059	0.06582	0.01423	0.00928	2.34328	0.26730	10.94209	0.52867	0.01143
	Total	193	0.00053	0.06582	0.01232	0.00893	1.80014	0.17497	6.90326	0.34820	0.00894
Ti	2004	83	0.00101	0.08082	0.01132	0.01513	3.09358	0.26417	9.68339	0.52261	0.00717
	2005	15	0.00096	0.02424	0.00694	0.00626	1.73890	0.58012	3.20512	1.12090	0.00492
	2006	14	0.00336	0.02237	0.01099	0.00522	0.58861	0.59738	0.17694	1.15405	0.00979
	2007	81	0.00290	0.09495	0.01372	0.01241	4.11543	0.26730	23.38954	0.52867	0.01090
	Total	193	0.00096	0.09495	0.01196	0.01305	3.54512	0.17497	15.55830	0.34820	0.00849
V	2004	83	0.00005	0.02903	0.00658	0.00596	1.53906	0.26417	2.42348	0.52261	0.00421
	2005	15	0.00038	0.00761	0.00252	0.00202	1.21485	0.58012	1.51214	1.12090	0.00177
	2006	14	0.00077	0.01260	0.00454	0.00363	1.30497	0.59738	1.22834	1.15405	0.00332
	2007	81	0.00085	0.05056	0.01210	0.01074	1.56266	0.26730	2.23875	0.52867	0.00824
	Total	193	0.00005	0.05056	0.00843	0.00868	2.08818	0.17497	5.18149	0.34820	0.00513
Cr	2004	83	0.00002	0.00642	0.00118	0.00100	2.37755	0.26417	9.81866	0.52261	0.00072
	2005	15	0.00002	0.01865	0.00218	0.00492	3.14718	0.58012	10.23515	1.12090	0.00048
	2006	14	0.00040	0.00277	0.00131	0.00066	1.09964	0.59738	0.85997	1.15405	0.00117
	2007	81	0.00015	0.01403	0.00137	0.00154	7.03542	0.26730	57.70179	0.52867	0.00106
	Total	193	0.00002	0.01865	0.00135	0.00181	6.72027	0.17497	55.83585	0.34820	0.00085
Mn	2004	83	0.00008	0.01418	0.00284	0.00278	2.25262	0.26417	5.70745	0.52261	0.00178
	2005	15	0.00093	0.00363	0.00199	0.00072	0.55409	0.58012	0.60648	1.12090	0.00186
	2006	14	0.00189	0.01145	0.00540	0.00310	0.85744	0.59738	-0.24642	1.15405	0.00463
	2007	81	0.00094	0.02828	0.00547	0.00428	3.18277	0.26730	13.21659	0.52867	0.00451
	Total	193	0.00008	0.02828	0.00406	0.00369	2.93896	0.17497	13.50568	0.34820	0.00283
Co	2004	83	0.00000	0.00044	0.00011	0.00010	1.47901	0.26417	2.30302	0.52261	0.00003
	2005	15	0.00003	0.00019	0.00009	0.00005	1.04312	0.58012	0.48990	1.12090	0.00007
	2006	14	0.00004	0.00014	0.00009	0.00003	0.29344	0.59738	-1.15091	1.15405	0.00008
	2007	81	0.00001	0.00043	0.00013	0.00007	1.65611	0.26730	4.48575	0.52867	0.00011
	Total	193	0.00000	0.00044	0.00011	0.00008	1.60396	0.17497	3.72142	0.34820	0.00006
Ni	2004	83	0.00021	0.01623	0.00358	0.00355	1.99543	0.26417	4.19855	0.52261	0.00232
	2005	15	0.00078	0.00947	0.00248	0.00227	2.32826	0.58012	6.40821	1.12090	0.00186
	2006	14	0.00016	0.00460	0.00177	0.00137	0.65027	0.59738	-0.29014	1.15405	0.00112
	2007	81	0.00016	0.01837	0.00486	0.00426	1.43397	0.26730	1.86753	0.52867	0.00298
	Total	193	0.00016	0.01837	0.00390	0.00379	1.81302	0.17497	3.34589	0.34820	0.00241
Cu	2004	83	0.00029	0.03236	0.00344	0.00517	3.60019	0.26417	15.56856	0.52261	0.00159
	2005	15	0.00029	0.00875	0.00276	0.00273	0.85224	0.58012	-0.25329	1.12090	0.00136
	2006	14	0.00030	0.03005	0.01002	0.00830	1.00129	0.59738	1.18709	1.15405	0.00594
	2007	81	0.00030	0.08372	0.00828	0.01129	4.34108	0.26730	25.31188	0.52867	0.00430
	Total	193	0.00029	0.08372	0.00589	0.00876	4.70768	0.17497	33.83140	0.34820	0.00262
Zn	2004	83	0.00009	0.02767	0.01040	0.00545	0.77735	0.26417	0.68959	0.52261	0.00847
	2005	15	0.00180	0.18580	0.02392	0.04572	3.61696	0.58012	13.52853	1.12090	0.01082
	2006	14	0.00175	0.18770	0.09920	0.06157	0.05326	0.59738	-1.41339	1.15405	0.06837
	2007	81	0.00175	1.01975	0.09261	0.12853	5.27015	0.26730	34.78698	0.52867	0.05823
	Total	193	0.00009	1.01975	0.05239	0.09473	6.44715	0.17497	58.54824	0.34820	0.02256

5. Resultados

As	2004	83	0.00002	0.00079	0.00034	0.00016	0.50507	0.26417	0.06118	0.52261	0.00030
	2005	15	0.00010	0.00085	0.00028	0.00019	2.06312	0.58012	5.66883	1.12090	0.00024
	2006	14	0.00020	0.00260	0.00118	0.00075	0.71616	0.59738	-0.18905	1.15405	0.00094
	2007	81	0.00018	0.00502	0.00104	0.00093	2.38418	0.26730	6.58463	0.52867	0.00079
	Total	193	0.00002	0.00502	0.00069	0.00074	3.03684	0.17497	11.78762	0.34820	0.00048
Se	2004	83	0.00000	0.00101	0.00031	0.00028	0.63829	0.26417	-0.66690	0.52261	0.00009
	2005	15	0.00000	0.00163	0.00047	0.00051	1.29824	0.58012	0.74892	1.12090	0.00017
	2006	14	0.00008	0.00128	0.00064	0.00033	0.31509	0.59738	-0.44450	1.15405	0.00053
	2007	81	0.00008	0.00113	0.00049	0.00025	0.54771	0.26730	-0.54145	0.52867	0.00042
	Total	193	0.00000	0.00163	0.00042	0.00031	0.76044	0.17497	0.58926	0.34820	0.00021
Rb	2004	83	0.00010	0.00184	0.00040	0.00035	2.52120	0.26417	6.65365	0.52261	0.00031
	2005	15	0.00018	0.00049	0.00031	0.00008	0.20632	0.58012	0.97640	1.12090	0.00030
	2006	14	0.00019	0.00070	0.00045	0.00015	0.05733	0.59738	-0.95306	1.15405	0.00042
	2007	81	0.00013	0.00235	0.00046	0.00029	3.80231	0.26730	21.75462	0.52867	0.00040
	Total	193	0.00010	0.00235	0.00042	0.00030	3.06167	0.17497	12.95396	0.34820	0.00036
Sr	2004	83	0.00006	0.00849	0.00160	0.00148	2.10615	0.26417	5.82685	0.52261	0.00105
	2005	15	0.00006	0.00340	0.00143	0.00100	0.70600	0.58012	-0.50243	1.12090	0.00103
	2006	14	0.00086	0.00414	0.00214	0.00095	0.61862	0.59738	-0.01868	1.15405	0.00195
	2007	81	0.00096	0.02182	0.00271	0.00252	5.77509	0.26730	41.86446	0.52867	0.00228
	Total	193	0.00006	0.02182	0.00209	0.00200	5.51250	0.17497	49.01484	0.34820	0.00152
Y	2004	83	0.00001	0.00040	0.00009	0.00010	1.44342	0.26417	1.10241	0.52261	0.00004
	2005	15	0.00001	0.00007	0.00003	0.00003	0.41638	0.58012	-1.81926	1.12090	0.00002
	2006	14	0.00008	0.00055	0.00029	0.00019	0.16383	0.59738	-1.99092	1.15405	0.00023
	2007	81	0.00002	0.00070	0.00023	0.00016	0.82035	0.26730	-0.36940	0.52867	0.00017
	Total	193	0.00001	0.00070	0.00016	0.00015	1.15344	0.17497	0.38994	0.34820	0.00008
Zr	2004	83	0.00005	0.01908	0.00756	0.00388	-0.50277	0.26417	0.25289	0.52261	0.00460
	2005	15	0.00009	0.00868	0.00587	0.00299	-0.91255	0.58012	-0.51132	1.12090	0.00410
	2006	14	0.00017	0.01200	0.00641	0.00395	-0.09498	0.59738	-1.26961	1.15405	0.00442
	2007	81	0.00022	0.01330	0.00771	0.00324	0.06797	0.26730	-1.10130	0.52867	0.00684
	Total	193	0.00005	0.01908	0.00741	0.00358	-0.28260	0.17497	-0.21058	0.34820	0.00537
Cd	2004	83	0.00000	0.00096	0.00015	0.00017	2.73100	0.26417	9.06266	0.52261	0.00007
	2005	15	0.00000	0.00104	0.00017	0.00025	3.33475	0.58012	12.03236	1.12090	0.00006
	2006	14	0.00008	0.00118	0.00046	0.00026	1.54242	0.59738	4.20225	1.15405	0.00039
	2007	81	0.00006	0.00299	0.00041	0.00052	3.25243	0.26730	12.35650	0.52867	0.00026
	Total	193	0.00000	0.00299	0.00028	0.00039	4.02411	0.17497	21.63714	0.34820	0.00014
Sn	2004	83	0.00002	0.00623	0.00162	0.00185	1.12792	0.26417	-0.12962	0.52261	0.00064
	2005	15	0.00002	0.00057	0.00020	0.00022	0.84708	0.58012	-1.00533	1.12090	0.00009
	2006	14	0.00047	0.00511	0.00222	0.00140	0.60688	0.59738	-0.31023	1.15405	0.00178
	2007	81	0.00031	0.00433	0.00154	0.00089	1.11845	0.26730	0.65015	0.52867	0.00132
	Total	193	0.00002	0.00623	0.00152	0.00145	1.31268	0.17497	1.05995	0.34820	0.00080
Sb	2004	83	0.00005	0.00251	0.00055	0.00047	2.33214	0.26417	6.77416	0.52261	0.00041
	2005	15	0.00015	0.00256	0.00057	0.00062	2.64144	0.58012	7.82015	1.12090	0.00039
	2006	14	0.00027	0.01142	0.00256	0.00283	2.62342	0.59738	8.10965	1.15405	0.00165
	2007	81	0.00027	0.04145	0.00214	0.00477	7.25633	0.26730	59.33024	0.52867	0.00112
	Total	193	0.00005	0.04145	0.00136	0.00329	9.83909	0.17497	116.23111	0.34820	0.00069
Cs	2004	83	0.00000	0.00022	0.00001	0.00003	3.73084	0.26417	16.52156	0.52261	0.00000
	2005	15	0.00001	0.00003	0.00002	0.00001	-0.31100	0.58012	0.28243	1.12090	0.00002
	2006	14	0.00003	0.00005	0.00004	0.00001	0.68648	0.59738	-0.89496	1.15405	0.00004
	2007	81	0.00003	0.00019	0.00004	0.00002	5.27202	0.26730	35.41873	0.52867	0.00004
	Total	193	0.00000	0.00022	0.00003	0.00003	2.93023	0.17497	14.85353	0.34820	0.00000
Ba	2004	83	0.00001	0.05621	0.00370	0.00680	5.83319	0.26417	43.73872	0.52261	0.00053
	2005	15	0.00001	0.00842	0.00181	0.00248	1.62769	0.58012	2.31554	1.12090	0.00042
	2006	14	0.00414	0.01267	0.00821	0.00304	-0.03170	0.59738	-1.56021	1.15405	0.00765
	2007	81	0.00054	0.02707	0.00947	0.00613	1.13200	0.26730	0.69878	0.52867	0.00755

5. Resultados

La	Total	193	0.00001	0.05621	0.00630	0.00675	2.84230	0.17497	15.44799	0.34820	0.00193
	2004	83	0.00001	0.00071	0.00012	0.00014	2.49800	0.26417	6.63580	0.52261	0.00006
	2005	15	0.00001	0.00009	0.00003	0.00003	0.49545	0.58012	-1.41124	1.12090	0.00002
	2006	14	0.00000	0.00032	0.00008	0.00009	1.36812	0.59738	1.97653	1.15405	0.00002
	2007	81	0.00000	0.00054	0.00011	0.00011	1.21169	0.26730	1.79083	0.52867	0.00004
Ce	Total	193	0.00000	0.00071	0.00011	0.00012	2.19882	0.17497	6.20267	0.34820	0.00004
	2004	83	0.00000	0.00140	0.00021	0.00028	2.83111	0.26417	8.53824	0.52261	0.00006
	2005	15	0.00000	0.00022	0.00007	0.00008	0.41523	0.58012	-1.44999	1.12090	0.00001
	2006	14	0.00000	0.00066	0.00017	0.00021	1.05455	0.59738	0.54444	1.15405	0.00003
	2007	81	0.00000	0.00121	0.00023	0.00025	1.43361	0.26730	2.40602	0.52867	0.00006
Pr	Total	193	0.00000	0.00140	0.00021	0.00026	2.29330	0.17497	6.44606	0.34820	0.00005
	2004	83	0.00000	0.00014	0.00004	0.00004	0.91193	0.26417	-0.63201	0.52261	0.00001
	2005	15	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.55274	0.58012	-1.26481	1.12090	0.00000
	2006	14	0.00000	0.00006	0.00002	0.00002	1.12466	0.59738	0.87835	1.15405	0.00001
	2007	81	0.00000	0.00011	0.00002	0.00003	1.32349	0.26730	1.78127	0.52867	0.00001
Nd	Total	193	0.00000	0.00014	0.00003	0.00003	1.43698	0.17497	1.20582	0.34820	0.00001
	2004	83	0.00000	0.00059	0.00010	0.00013	2.26939	0.26417	5.35703	0.52261	0.00004
	2005	15	0.00000	0.00009	0.00003	0.00003	0.75669	0.58012	-0.59478	1.12090	0.00001
	2006	14	0.00001	0.00026	0.00008	0.00008	0.99409	0.59738	0.37706	1.15405	0.00004
	2007	81	0.00001	0.00051	0.00010	0.00011	1.43506	0.26730	2.31517	0.52867	0.00005
Hf	Total	193	0.00000	0.00059	0.00009	0.00011	2.07632	0.17497	5.08833	0.34820	0.00004
	2004	83	0.00000	0.00168	0.00048	0.00052	1.40170	0.26417	0.44161	0.52261	0.00022
	2005	15	0.00000	0.00162	0.00106	0.00056	-0.83593	0.58012	-0.69403	1.12090	0.00067
	2006	14	0.00000	0.00063	0.00028	0.00022	0.18877	0.59738	-1.21440	1.15405	0.00012
	2007	81	0.00000	0.00068	0.00038	0.00017	0.10723	0.26730	-1.07010	0.52867	0.00033
Ti	Total	193	0.00000	0.00168	0.00047	0.00043	1.61224	0.17497	1.68162	0.34820	0.00027
	2004	83	0.00000	0.00020	0.00004	0.00004	1.16818	0.26417	1.43107	0.52261	0.00002
	2005	15	0.00001	0.00405	0.00030	0.00104	3.86886	0.58012	14.97711	1.12090	0.00004
	2006	14	0.00003	0.00011	0.00007	0.00002	-0.32334	0.59738	0.29276	1.15405	0.00007
	2007	81	0.00003	0.00022	0.00005	0.00003	2.11105	0.26730	6.47906	0.52867	0.00005
Pb	Total	193	0.00000	0.00405	0.00007	0.00029	13.53994	0.17497	186.41338	0.34820	0.00003
	2004	83	0.00016	0.02499	0.00543	0.00374	2.07232	0.26417	7.98615	0.52261	0.00430
	2005	15	0.00112	0.03301	0.00736	0.00859	2.27343	0.58012	5.50699	1.12090	0.00448
	2006	14	0.00652	0.07990	0.01897	0.01861	3.06200	0.59738	10.31789	1.15405	0.01478
	2007	81	0.00266	0.07923	0.01273	0.01226	2.69227	0.26730	10.37053	0.52867	0.00920
Th	Total	193	0.00016	0.07990	0.00962	0.01077	3.61637	0.17497	18.22584	0.34820	0.00650
	2004	83	0.00000	0.00019	0.00004	0.00005	1.12860	0.26417	0.54264	0.52261	0.00001
	2005	15	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	1.95509	0.58012	3.71631	1.12090	0.00000
	2006	14	0.00000	0.00006	0.00001	0.00002	1.60757	0.59738	2.17620	1.15405	0.00001
	2007	81	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	2.44201	0.26730	9.62369	0.52867	0.00001
U	Total	193	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	1.83559	0.17497	4.29857	0.34820	0.00001
	2004	83	0.00000	0.00034	0.00004	0.00006	2.80683	0.26417	9.43624	0.52261	0.00000
	2005	15	0.00000	0.00002	0.00000	0.00001	1.26014	0.58012	0.24170	1.12090	0.00000
	2006	14	0.00007	0.00023	0.00014	0.00006	0.34459	0.59738	-1.47025	1.15405	0.00013
	2007	81	0.00002	0.00020	0.00011	0.00005	-0.36755	0.26730	-0.48608	0.52867	0.00009
Mo	Total	193	0.00000	0.00034	0.00007	0.00007	0.78209	0.17497	0.30707	0.34820	0.00002
	2004	83	0.00000	0.01420	0.00092	0.00243	4.33901	0.26417	20.12339	0.52261	0.00004
	2005	15	0.00000	0.00237	0.00064	0.00088	1.14254	0.58012	-0.17691	1.12090	0.00006
	2006	14	0.00000	0.00003	0.00000	0.00001	3.74166	0.59738	14.00000	1.15405	0.00000
	Total	193	0.00000	0.01420	0.00044	0.00166	6.46712	0.17497	47.03299	0.34820	0.00000

5. Resultados

f) Se consideran aisladamente los datos de Santa Ana (S.A.) en la fracción PM_{2.5}.

S. A.	año	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D. T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM _{2.5}	2004	83	7.00000	47.00000	22.55422	9.01118	0.78779	0.26417	0.40696	0.52261	20.83080
	2005	15	12.00000	35.00000	22.06667	6.68117	0.47477	0.58012	-0.37318	1.12090	21.13273
	Total	98	7.00000	47.00000	22.47959	8.66707	0.78500	0.24376	0.48546	0.48296	20.87673
PM _{2.5} M	2004	83	7.00000	47.00000	22.55422	9.01118	0.78779	0.26417	0.40696	0.52261	20.83080
	2005	15	12.00000	35.00000	22.06667	6.68117	0.47477	0.58012	-0.37318	1.12090	21.13273
	Total	98	7.00000	47.00000	22.47959	8.66707	0.78500	0.24376	0.48546	0.48296	20.87673
OM+EC	2004	83	0.52481	11.18282	3.62062	2.13642	1.25323	0.26417	1.92070	0.52261	3.04228
	2005	15	2.26509	10.51773	5.91754	2.57521	0.26921	0.58012	-1.02045	1.12090	5.36065
	Total	98	0.52481	11.18282	3.97219	2.34661	1.04870	0.24376	0.79405	0.48296	3.31784
Al ₂ O ₃	2004	83	0.01663	2.79995	0.38887	0.52399	3.00829	0.26417	9.39292	0.52261	0.21894
	2005	15	0.01663	0.32463	0.12540	0.09461	0.55016	0.58012	-0.35651	1.12090	0.08289
	Total	98	0.01663	2.79995	0.34854	0.49243	3.27143	0.24376	11.40260	0.48296	0.18869
Ca	2004	83	0.01003	1.54368	0.39366	0.34123	1.61906	0.26417	2.39814	0.52261	0.27135
	2005	15	0.05821	1.28003	0.46150	0.35720	1.04113	0.58012	0.57350	1.12090	0.33256
	Total	98	0.01003	1.54368	0.40404	0.34271	1.49994	0.24376	1.91219	0.48296	0.27993
K	2004	83	0.03402	0.71574	0.20002	0.13090	1.37624	0.26417	2.21929	0.52261	0.16398
	2005	15	0.10303	0.48229	0.24684	0.10455	0.64701	0.58012	0.41855	1.12090	0.22599
	Total	98	0.03402	0.71574	0.20719	0.12787	1.23281	0.24376	1.83336	0.48296	0.17223
Na	2004	83	0.00503	1.00294	0.16013	0.16069	2.71376	0.26417	9.60290	0.52261	0.11089
	2005	15	0.02159	0.18464	0.09420	0.05455	0.18182	0.58012	-0.97322	1.12090	0.07630
	Total	98	0.00503	1.00294	0.15004	0.15109	2.91729	0.24376	11.31991	0.48296	0.10472
Mg	2004	83	0.00033	0.48648	0.13484	0.14133	1.14127	0.26417	-0.02873	0.52261	0.06954
	2005	15	0.01486	0.07214	0.03848	0.01806	0.62482	0.58012	-0.88853	1.12090	0.03468
	Total	98	0.00033	0.48648	0.12009	0.13472	1.38316	0.24376	0.63324	0.48296	0.06251
Fe	2004	83	0.01104	0.82821	0.12693	0.16188	3.13275	0.26417	10.05355	0.52261	0.08317
	2005	15	0.02324	0.11575	0.06991	0.02837	-0.02622	0.58012	-0.75347	1.12090	0.06361
	Total	98	0.01104	0.82821	0.11820	0.15065	3.43667	0.24376	12.39487	0.48296	0.07982
SO ₄ ²⁻	2004	83	0.62468	10.20167	3.67701	1.82080	0.94152	0.26417	1.84432	0.52261	3.21099
	2005	15	0.79718	4.79720	2.47002	0.94027	0.63334	0.58012	1.88479	1.12090	2.28989
	Total	98	0.62468	10.20167	3.49227	1.76664	1.06584	0.24376	2.14324	0.48296	3.04906
NO ₃ ⁻	2004	83	0.32000	7.16000	1.58723	1.42980	2.00981	0.26417	4.22443	0.52261	1.17103
	2005	15	0.34000	5.85000	2.09600	1.58988	1.38868	0.58012	1.08243	1.12090	1.63914
	Total	98	0.32000	7.16000	1.66510	1.45840	1.85100	0.24376	3.29424	0.48296	1.23289
Cl ⁻	2004	83	0.00000	0.78000	0.37024	0.11749	0.17330	0.26417	3.26178	0.52261	0.00000
	2005	15	0.26000	0.73000	0.39333	0.14281	1.67482	0.58012	2.23250	1.12090	0.37414
	Total	98	0.00000	0.78000	0.37378	0.12118	0.51187	0.24376	3.02731	0.48296	0.00000
NH ₄ ⁺	2004	83	0.10000	11.60000	1.88964	1.57345	3.38406	0.26417	17.71085	0.52261	1.45967
	2005	15	0.17000	4.50000	1.67533	1.10005	1.25527	0.58012	2.08265	1.12090	1.32266
	Total	98	0.10000	11.60000	1.85684	1.50784	3.33345	0.24376	17.98145	0.48296	1.43781
Li	2004	83	0.00001	0.00452	0.00032	0.00066	5.43797	0.26417	31.47776	0.52261	0.00015
	2005	15	0.00004	0.00016	0.00010	0.00004	0.32848	0.58012	-1.34117	1.12090	0.00009
	Total	98	0.00001	0.00452	0.00029	0.00061	5.89523	0.24376	37.26310	0.48296	0.00014
P	2004	83	0.00053	0.03274	0.01000	0.00765	0.91110	0.26417	0.27044	0.52261	0.00660
	2005	15	0.00214	0.01838	0.00874	0.00477	0.56759	0.58012	-0.36797	1.12090	0.00743
	Total	98	0.00053	0.03274	0.00980	0.00728	0.95905	0.24376	0.51928	0.48296	0.00672
Ti	2004	83	0.00101	0.08082	0.01132	0.01513	3.09358	0.26417	9.68339	0.52261	0.00717
	2005	15	0.00096	0.02424	0.00694	0.00626	1.73890	0.58012	3.20512	1.12090	0.00492

5. Resultados

V	Total	98	0.00096	0.08082	0.01065	0.01421	3.28314	0.24376	11.33691	0.48296	0.00677
	2004	83	0.00005	0.02903	0.00658	0.00596	1.53906	0.26417	2.42348	0.52261	0.00421
	2005	15	0.00038	0.00761	0.00252	0.00202	1.21485	0.58012	1.51214	1.12090	0.00177
Cr	Total	98	0.00005	0.02903	0.00596	0.00572	1.70731	0.24376	3.12359	0.48296	0.00369
	2004	83	0.00002	0.00642	0.00118	0.00100	2.37755	0.26417	9.81866	0.52261	0.00072
	2005	15	0.00002	0.01865	0.00218	0.00492	3.14718	0.58012	10.23515	1.12090	0.00048
Mn	Total	98	0.00002	0.01865	0.00134	0.00211	6.20693	0.24376	47.69117	0.48296	0.00067
	2004	83	0.00008	0.01418	0.00284	0.00278	2.25262	0.26417	5.70745	0.52261	0.00178
	2005	15	0.00093	0.00363	0.00199	0.00072	0.55409	0.58012	0.60648	1.12090	0.00186
Co	Total	98	0.00008	0.01418	0.00271	0.00259	2.48789	0.24376	7.22314	0.48296	0.00180
	2004	83	0.00000	0.00044	0.00011	0.00010	1.47901	0.26417	2.30302	0.52261	0.00003
	2005	15	0.00003	0.00019	0.00009	0.00005	1.04312	0.58012	0.48990	1.12090	0.00007
Ni	Total	98	0.00000	0.00044	0.00011	0.00010	1.60555	0.24376	2.98519	0.48296	0.00003
	2004	83	0.00021	0.01623	0.00358	0.00355	1.99543	0.26417	4.19855	0.52261	0.00232
	2005	15	0.00078	0.00947	0.00248	0.00227	2.32826	0.58012	6.40821	1.12090	0.00186
Cu	Total	98	0.00021	0.01623	0.00341	0.00340	2.08505	0.24376	4.71525	0.48296	0.00224
	2004	83	0.00029	0.03236	0.00344	0.00517	3.60019	0.26417	15.56856	0.52261	0.00159
	2005	15	0.00029	0.00875	0.00276	0.00273	0.85224	0.58012	-0.25329	1.12090	0.00136
Zn	Total	98	0.00029	0.03236	0.00334	0.00487	3.68799	0.24376	17.06068	0.48296	0.00155
	2004	83	0.00009	0.02767	0.01040	0.00545	0.77735	0.26417	0.68959	0.52261	0.00847
	2005	15	0.00180	0.18580	0.02392	0.04572	3.61696	0.58012	13.52853	1.12090	0.01082
As	Total	98	0.00009	0.18580	0.01246	0.01873	8.35638	0.24376	77.43500	0.48296	0.00880
	2004	83	0.00002	0.00079	0.00034	0.00016	0.50507	0.26417	0.06118	0.52261	0.00030
	2005	15	0.00010	0.00085	0.00028	0.00019	2.06312	0.58012	5.66883	1.12090	0.00024
Se	Total	98	0.00002	0.00085	0.00033	0.00017	0.73001	0.24376	0.54810	0.48296	0.00029
	2004	83	0.00000	0.00101	0.00031	0.00028	0.63829	0.26417	-0.66690	0.52261	0.00009
	2005	15	0.00000	0.00163	0.00047	0.00051	1.29824	0.58012	0.74892	1.12090	0.00017
Rb	Total	98	0.00000	0.00163	0.00033	0.00033	1.27013	0.24376	2.01231	0.48296	0.00010
	2004	83	0.00010	0.00184	0.00040	0.00035	2.52120	0.26417	6.65365	0.52261	0.00031
	2005	15	0.00018	0.00049	0.00031	0.00008	0.20632	0.58012	0.97640	1.12090	0.00030
Sr	Total	98	0.00010	0.00184	0.00039	0.00033	2.77759	0.24376	8.39896	0.48296	0.00031
	2004	83	0.00006	0.00849	0.00160	0.00148	2.10615	0.26417	5.82685	0.52261	0.00105
	2005	15	0.00006	0.00340	0.00143	0.00100	0.70600	0.58012	-0.50243	1.12090	0.00103
Y	Total	98	0.00006	0.00849	0.00157	0.00141	2.09319	0.24376	6.09174	0.48296	0.00105
	2004	83	0.00001	0.00040	0.00009	0.00010	1.44342	0.26417	1.10241	0.52261	0.00004
	2005	15	0.00001	0.00007	0.00003	0.00003	0.41638	0.58012	-1.81926	1.12090	0.00002
Zr	Total	98	0.00001	0.00040	0.00008	0.00010	1.65490	0.24376	1.89238	0.48296	0.00004
	2004	83	0.00005	0.01908	0.00756	0.00388	-0.50277	0.26417	0.25289	0.52261	0.00460
	2005	15	0.00009	0.00868	0.00587	0.00299	-0.91255	0.58012	-0.51132	1.12090	0.00410
Cd	Total	98	0.00005	0.01908	0.00730	0.00379	-0.43703	0.24376	0.18061	0.48296	0.00452
	2004	83	0.00000	0.00096	0.00015	0.00017	2.73100	0.26417	9.06266	0.52261	0.00007
	2005	15	0.00000	0.00104	0.00017	0.00025	3.33475	0.58012	12.03236	1.12090	0.00006
Sn	Total	98	0.00000	0.00104	0.00015	0.00018	2.98147	0.24376	10.40282	0.48296	0.00007
	2004	83	0.00002	0.00623	0.00162	0.00185	1.12792	0.26417	-0.12962	0.52261	0.00064
	2005	15	0.00002	0.00057	0.00020	0.00022	0.84708	0.58012	-1.00533	1.12090	0.00009
Sb	Total	98	0.00002	0.00623	0.00140	0.00178	1.35841	0.24376	0.49254	0.48296	0.00047
	2004	83	0.00005	0.00251	0.00055	0.00047	2.33214	0.26417	6.77416	0.52261	0.00041
	2005	15	0.00015	0.00256	0.00057	0.00062	2.64144	0.58012	7.82015	1.12090	0.00039
Cs	Total	98	0.00005	0.00256	0.00055	0.00049	2.39858	0.24376	6.77948	0.48296	0.00041
	2004	83	0.00000	0.00022	0.00001	0.00003	3.73084	0.26417	16.52156	0.52261	0.00000

5. Resultados

	2005	15	0.00001	0.00003	0.00002	0.00001	-0.31100	0.58012	0.28243	1.12090	0.00002
	Total	98	0.00000	0.00022	0.00001	0.00003	3.94221	0.24376	19.23254	0.48296	0.00000
Ba	2004	83	0.00001	0.05621	0.00370	0.00680	5.83319	0.26417	43.73872	0.52261	0.00053
	2005	15	0.00001	0.00842	0.00181	0.00248	1.62769	0.58012	2.31554	1.12090	0.00042
	Total	98	0.00001	0.05621	0.00341	0.00636	6.13278	0.24376	49.25180	0.48296	0.00051
La	2004	83	0.00001	0.00071	0.00012	0.00014	2.49800	0.26417	6.63580	0.52261	0.00006
	2005	15	0.00001	0.00009	0.00003	0.00003	0.49545	0.58012	-1.41124	1.12090	0.00002
	Total	98	0.00001	0.00071	0.00010	0.00013	2.71864	0.24376	8.10152	0.48296	0.00005
Ce	2004	83	0.00000	0.00140	0.00021	0.00028	2.83111	0.26417	8.53824	0.52261	0.00006
	2005	15	0.00000	0.00022	0.00007	0.00008	0.41523	0.58012	-1.44999	1.12090	0.00001
	Total	98	0.00000	0.00140	0.00019	0.00027	3.05593	0.24376	10.27822	0.48296	0.00005
Pr	2004	83	0.00000	0.00014	0.00004	0.00004	0.91193	0.26417	-0.63201	0.52261	0.00001
	2005	15	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.55274	0.58012	-1.26481	1.12090	0.00000
	Total	98	0.00000	0.00014	0.00003	0.00004	1.15184	0.24376	-0.08438	0.48296	0.00001
Nd	2004	83	0.00000	0.00059	0.00010	0.00013	2.26939	0.26417	5.35703	0.52261	0.00004
	2005	15	0.00000	0.00009	0.00003	0.00003	0.75669	0.58012	-0.59478	1.12090	0.00001
	Total	98	0.00000	0.00059	0.00009	0.00012	2.49232	0.24376	6.68452	0.48296	0.00003
Hf	2004	83	0.00000	0.00168	0.00048	0.00052	1.40170	0.26417	0.44161	0.52261	0.00022
	2005	15	0.00000	0.00162	0.00106	0.00056	-0.83593	0.58012	-0.69403	1.12090	0.00067
	Total	98	0.00000	0.00168	0.00057	0.00057	0.95631	0.24376	-0.73139	0.48296	0.00026
Ti	2004	83	0.00000	0.00020	0.00004	0.00004	1.16818	0.26417	1.43107	0.52261	0.00002
	2005	15	0.00001	0.00405	0.00030	0.00104	3.86886	0.58012	14.97711	1.12090	0.00004
	Total	98	0.00000	0.00405	0.00008	0.00041	9.73956	0.24376	95.85434	0.48296	0.00002
Pb	2004	83	0.00016	0.02499	0.00543	0.00374	2.07232	0.26417	7.98615	0.52261	0.00430
	2005	15	0.00112	0.03301	0.00736	0.00859	2.27343	0.58012	5.50699	1.12090	0.00448
	Total	98	0.00016	0.03301	0.00572	0.00480	2.89313	0.24376	12.41157	0.48296	0.00433
Th	2004	83	0.00000	0.00019	0.00004	0.00005	1.12860	0.26417	0.54264	0.52261	0.00001
	2005	15	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	1.95509	0.58012	3.71631	1.12090	0.00000
	Total	98	0.00000	0.00019	0.00004	0.00005	1.35335	0.24376	1.14455	0.48296	0.00001
U	2004	83	0.00000	0.00034	0.00004	0.00006	2.80683	0.26417	9.43624	0.52261	0.00000
	2005	15	0.00000	0.00002	0.00000	0.00001	1.26014	0.58012	0.24170	1.12090	0.00000
	Total	98	0.00000	0.00034	0.00003	0.00006	3.09329	0.24376	11.51418	0.48296	0.00000
Mo	2004	83	0.00000	0.01420	0.00092	0.00243	4.33901	0.26417	20.12339	0.52261	0.00004
	2005	15	0.00000	0.00237	0.00064	0.00088	1.14254	0.58012	-0.17691	1.12090	0.00006
	Total	98	0.00000	0.01420	0.00088	0.00226	4.58993	0.24376	23.14965	0.48296	0.00004

g) Se consideran aisladamente los datos de Mompeán (M) en la fracción PM_{2.5}.

M	año	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.A.
PM _{2.5}	2006	65	4.71546	44.71166	24.79446	8.78886	0.33518	0.29712	-0.16692	0.58624	23.10645
	2007	89	7.87068	51.16672	22.16172	8.28716	0.94052	0.25541	1.08333	0.50561	20.72313
	2008	47	6.14419	34.88459	18.78537	6.71857	0.55660	0.34657	0.07394	0.68092	17.58634
	Total	201	4.71546	51.16672	22.22361	8.38127	0.70664	0.17150	0.41449	0.34137	20.65745
PM _{2.5} M	2006	14	4.71546	39.13148	20.33419	10.08837	0.36471	0.59738	-0.64356	1.15405	17.74315
	2007	81	7.87068	51.16672	22.82625	8.22925	0.93527	0.26730	1.11403	0.52867	21.44398
	Total	95	4.71546	51.16672	22.45900	8.51461	0.74369	0.24746	0.73162	0.49017	20.85358
OM+EC	2006	7	3.47535	9.33335	7.26884	2.55040	-0.99930	0.79373	-1.09155	1.58745	6.78035
	2007	41	2.90883	12.22568	5.52789	2.39139	1.25637	0.36950	0.81936	0.72448	5.11160
	Total	48	2.90883	12.22568	5.78178	2.46636	0.89519	0.34315	-0.25247	0.67440	5.32660

5. Resultados

Al ₂ O ₃	2006	14	0.12639	0.73165	0.47297	0.19978	-0.46208	0.59738	-1.05117	1.15405	0.42099
	2007	81	0.08190	3.10998	0.52043	0.40501	3.85077	0.26730	21.44393	0.52867	0.42946
	Total	95	0.08190	3.10998	0.51344	0.38132	3.94545	0.24746	23.53289	0.49017	0.42820
Ca	2006	14	0.19201	1.14137	0.68555	0.29210	0.07147	0.59738	-1.02360	1.15405	0.61893
	2007	81	0.10248	7.00314	0.69054	0.83264	5.80581	0.26730	41.86809	0.52867	0.52460
	Total	95	0.10248	7.00314	0.68980	0.77578	6.08939	0.24746	47.16983	0.49017	0.53754
Ca _{sol}	2006	7	0.18000	1.08391	0.64974	0.34320	-0.04203	0.79373	-1.58063	1.58745	0.55585
	2007	41	0.09000	2.03285	0.55003	0.38476	1.91150	0.36950	4.56958	0.72448	0.45292
	Total	48	0.09000	2.03285	0.56457	0.37722	1.68010	0.34315	3.72352	0.67440	0.46665
K	2006	14	0.10653	0.58441	0.27241	0.14649	0.96064	0.59738	0.39057	1.15405	0.23861
	2007	81	0.08681	0.81884	0.22839	0.12509	2.04999	0.26730	5.76537	0.52867	0.20360
	Total	95	0.08681	0.81884	0.23488	0.12857	1.81251	0.24746	4.24423	0.49017	0.20841
K _{sol}	2006	7	0.10000	0.56726	0.28818	0.18328	0.88000	0.79373	-0.93864	1.58745	0.24231
	2007	41	0.08000	0.54000	0.20818	0.11164	1.24706	0.36950	1.13736	0.72448	0.18364
	Total	48	0.08000	0.56726	0.21985	0.12534	1.29979	0.34315	1.07548	0.67440	0.19121
Na	2006	14	0.13444	0.47098	0.26981	0.10382	0.52806	0.59738	-0.46872	1.15405	0.25156
	2007	81	0.12609	1.35181	0.51521	0.29901	0.78808	0.26730	-0.03167	0.52867	0.43189
	Total	95	0.12609	1.35181	0.47905	0.29194	0.96699	0.24746	0.31302	0.49017	0.39882
Na _{sol}	2006	7	0.09878	0.30004	0.19525	0.07609	0.26788	0.79373	-1.58659	1.58745	0.18223
	2007	41	0.06881	1.15634	0.35187	0.22452	1.43402	0.36950	2.88669	0.72448	0.29061
	Total	48	0.06881	1.15634	0.32903	0.21624	1.59400	0.34315	3.48261	0.67440	0.27148
Mg	2006	14	0.04562	0.14934	0.11066	0.03620	-0.72260	0.59738	-0.97940	1.15405	0.10379
	2007	81	0.02253	0.86359	0.14703	0.10223	4.54708	0.26730	29.97718	0.52867	0.12734
	Total	95	0.02253	0.86359	0.14167	0.09614	4.77035	0.24746	33.62770	0.49017	0.12356
Mg _{sol}	2006	7	0.04000	0.12131	0.08130	0.03346	-0.20528	0.79373	-2.31809	1.58745	0.07476
	2007	41	0.05000	0.20618	0.10472	0.03755	0.45131	0.36950	-0.26575	0.72448	0.09810
	Total	48	0.04000	0.20618	0.10131	0.03758	0.41675	0.34315	-0.19703	0.67440	0.09429
Fe	2006	14	0.09229	0.48409	0.24628	0.12499	0.71444	0.59738	-0.08834	1.15405	0.21733
	2007	81	0.05528	1.10480	0.22811	0.16768	3.07835	0.26730	12.38112	0.52867	0.19155
	Total	95	0.05528	1.10480	0.23079	0.16165	2.93107	0.24746	11.94648	0.49017	0.19515
SO ₄ ²⁻	2006	14	1.10025	5.75388	2.46435	1.16515	1.78102	0.59738	4.47566	1.15405	2.25718
	2007	81	0.94089	10.88778	4.72137	1.95052	0.37641	0.26730	0.05661	0.52867	4.28108
	Total	95	0.94089	10.88778	4.38875	2.01805	0.46855	0.24746	-0.11118	0.49017	3.89571
NO ₃ ⁻	2006	7	0.57667	2.84383	1.35067	0.80259	1.13906	0.79373	1.00006	1.58745	1.16923
	2007	41	0.32804	7.55762	1.51518	1.81319	2.29608	0.36950	4.35393	0.72448	0.99218
	Total	48	0.32804	7.55762	1.49119	1.69814	2.40803	0.34315	5.17235	0.67440	1.01622
Cl ⁻	2006	7	0.16343	0.58764	0.34391	0.12863	0.91107	0.79373	2.45946	1.58745	0.32361
	2007	41	0.04351	0.96992	0.23125	0.21864	1.81943	0.36950	2.88377	0.72448	0.16337
	Total	48	0.04351	0.96992	0.24768	0.21074	1.59491	0.34315	2.32817	0.67440	0.18049
F ⁻	2006	7	0.03508	0.08221	0.05234	0.01548	1.25949	0.79373	1.96797	1.58745	0.05058
	2007	41	0.00068	0.06632	0.02173	0.01690	0.46818	0.36950	-0.09301	0.72448	0.01009
	Total	48	0.00068	0.08221	0.02620	0.01982	0.53421	0.34315	0.06552	0.67440	0.01277
NH ₄ ⁺	2006	7	0.64389	1.38645	0.95754	0.30724	0.70121	0.79373	-1.33509	1.58745	0.91791
	2007	41	0.36891	4.44925	2.04423	0.81667	0.26630	0.36950	0.79081	0.72448	1.85250
	Total	48	0.36891	4.44925	1.88575	0.85434	0.40151	0.34315	0.29852	0.67440	1.67219
Li	2006	14	0.00008	0.00030	0.00018	0.00006	0.40686	0.59738	-0.34261	1.15405	0.00017
	2007	81	0.00008	0.00120	0.00024	0.00016	3.42885	0.26730	17.13237	0.52867	0.00021
	Total	95	0.00008	0.00120	0.00023	0.00015	3.60089	0.24746	19.25666	0.49017	0.00020
P	2006	14	0.00414	0.04835	0.01882	0.01170	1.34243	0.59738	2.03375	1.15405	0.01579
	2007	81	0.00059	0.06582	0.01423	0.00928	2.34328	0.26730	10.94209	0.52867	0.01143
	Total	95	0.00059	0.06582	0.01491	0.00975	2.09003	0.24746	7.98743	0.49017	0.01199
Ti	2006	14	0.00336	0.02237	0.01099	0.00522	0.58861	0.59738	0.17694	1.15405	0.00979
	2007	81	0.00290	0.09495	0.01372	0.01241	4.11543	0.26730	23.38954	0.52867	0.01090
	Total	95	0.00290	0.09495	0.01332	0.01165	4.30537	0.24746	26.22971	0.49017	0.01073

5. Resultados

V	2006	14	0.00077	0.01260	0.00454	0.00363	1.30497	0.59738	1.22834	1.15405	0.00332
	2007	81	0.00085	0.05056	0.01210	0.01074	1.56266	0.26730	2.23875	0.52867	0.00824
	Total	95	0.00077	0.05056	0.01098	0.01036	1.71837	0.24746	2.90137	0.49017	0.00721
Cr	2006	14	0.00040	0.00277	0.00131	0.00066	1.09964	0.59738	0.85997	1.15405	0.00117
	2007	81	0.00015	0.01403	0.00137	0.00154	7.03542	0.26730	57.70179	0.52867	0.00106
	Total	95	0.00015	0.01403	0.00136	0.00145	7.29263	0.24746	63.67078	0.49017	0.00108
Mn	2006	14	0.00189	0.01145	0.00540	0.00310	0.85744	0.59738	-0.24642	1.15405	0.00463
	2007	81	0.00094	0.02828	0.00547	0.00428	3.18277	0.26730	13.21659	0.52867	0.00451
	Total	95	0.00094	0.02828	0.00546	0.00411	3.08875	0.24746	13.15535	0.49017	0.00453
Co	2006	14	0.00004	0.00014	0.00009	0.00003	0.29344	0.59738	-1.15091	1.15405	0.00008
	2007	81	0.00001	0.00043	0.00013	0.00007	1.65611	0.26730	4.48575	0.52867	0.00011
	Total	95	0.00001	0.00043	0.00012	0.00007	1.77097	0.24746	5.14685	0.49017	0.00010
Ni	2006	14	0.00016	0.00460	0.00177	0.00137	0.65027	0.59738	-0.29014	1.15405	0.00112
	2007	81	0.00016	0.01837	0.00486	0.00426	1.43397	0.26730	1.86753	0.52867	0.00298
	Total	95	0.00016	0.01837	0.00440	0.00412	1.59482	0.24746	2.48797	0.49017	0.00258
Cu	2006	14	0.00030	0.03005	0.01002	0.00830	1.00129	0.59738	1.18709	1.15405	0.00594
	2007	81	0.00030	0.08372	0.00828	0.01129	4.34108	0.26730	25.31188	0.52867	0.00430
	Total	95	0.00030	0.08372	0.00853	0.01088	4.13362	0.24746	24.43186	0.49017	0.00451
Zn	2006	14	0.00175	0.18770	0.09920	0.06157	0.05326	0.59738	-1.41339	1.15405	0.06837
	2007	81	0.00175	1.01975	0.09261	0.12853	5.27015	0.26730	34.78698	0.52867	0.05823
	Total	95	0.00175	1.01975	0.09358	0.12079	5.36652	0.24746	37.63760	0.49017	0.05962
As	2006	14	0.00020	0.00260	0.00118	0.00075	0.71616	0.59738	-0.18905	1.15405	0.00094
	2007	81	0.00018	0.00502	0.00104	0.00093	2.38418	0.26730	6.58463	0.52867	0.00079
	Total	95	0.00018	0.00502	0.00106	0.00090	2.22587	0.24746	6.03014	0.49017	0.00081
Se	2006	14	0.00008	0.00128	0.00064	0.00033	0.31509	0.59738	-0.44450	1.15405	0.00053
	2007	81	0.00008	0.00113	0.00049	0.00025	0.54771	0.26730	-0.54145	0.52867	0.00042
	Total	95	0.00008	0.00128	0.00051	0.00026	0.60776	0.24746	-0.26658	0.49017	0.00044
Rb	2006	14	0.00019	0.00070	0.00045	0.00015	0.05733	0.59738	-0.95306	1.15405	0.00042
	2007	81	0.00013	0.00235	0.00046	0.00029	3.80231	0.26730	21.75462	0.52867	0.00040
	Total	95	0.00013	0.00235	0.00046	0.00027	3.85688	0.24746	23.47853	0.49017	0.00041
Sr	2006	14	0.00086	0.00414	0.00214	0.00095	0.61862	0.59738	-0.01868	1.15405	0.00195
	2007	81	0.00096	0.02182	0.00271	0.00252	5.77509	0.26730	41.86446	0.52867	0.00228
	Total	95	0.00086	0.02182	0.00263	0.00236	6.05523	0.24746	47.00095	0.49017	0.00223
Y	2006	14	0.00008	0.00055	0.00029	0.00019	0.16383	0.59738	-1.99092	1.15405	0.00023
	2007	81	0.00002	0.00070	0.00023	0.00016	0.82035	0.26730	-0.36940	0.52867	0.00017
	Total	95	0.00002	0.00070	0.00024	0.00016	0.71544	0.24746	-0.72839	0.49017	0.00018
Zr	2006	14	0.00017	0.01200	0.00641	0.00395	-0.09498	0.59738	-1.26961	1.15405	0.00442
	2007	81	0.00022	0.01330	0.00771	0.00324	0.06797	0.26730	-1.10130	0.52867	0.00684
	Total	95	0.00017	0.01330	0.00752	0.00336	-0.02824	0.24746	-0.99223	0.49017	0.00641
Cd	2006	14	0.00008	0.00118	0.00046	0.00026	1.54242	0.59738	4.20225	1.15405	0.00039
	2007	81	0.00006	0.00299	0.00041	0.00052	3.25243	0.26730	12.35650	0.52867	0.00026
	Total	95	0.00006	0.00299	0.00042	0.00049	3.29430	0.24746	13.31036	0.49017	0.00028
Sn	2006	14	0.00047	0.00511	0.00222	0.00140	0.60688	0.59738	-0.31023	1.15405	0.00178
	2007	81	0.00031	0.00433	0.00154	0.00089	1.11845	0.26730	0.65015	0.52867	0.00132
	Total	95	0.00031	0.00511	0.00164	0.00100	1.16456	0.24746	0.95801	0.49017	0.00138
Sb	2006	14	0.00027	0.01142	0.00256	0.00283	2.62342	0.59738	8.10965	1.15405	0.00165
	2007	81	0.00027	0.04145	0.00214	0.00477	7.25633	0.26730	59.33024	0.52867	0.00112
	Total	95	0.00027	0.04145	0.00220	0.00452	7.24755	0.24746	61.45302	0.49017	0.00119
Cs	2006	14	0.00003	0.00005	0.00004	0.00001	0.68648	0.59738	-0.89496	1.15405	0.00004
	2007	81	0.00003	0.00019	0.00004	0.00002	5.27202	0.26730	35.41873	0.52867	0.00004
	Total	95	0.00003	0.00019	0.00004	0.00002	5.54534	0.24746	40.02645	0.49017	0.00004
Ba	2006	14	0.00414	0.01267	0.00821	0.00304	-0.03170	0.59738	-1.56021	1.15405	0.00765
	2007	81	0.00054	0.02707	0.00947	0.00613	1.13200	0.26730	0.69878	0.52867	0.00755
	Total	95	0.00054	0.02707	0.00929	0.00579	1.21309	0.24746	1.13543	0.49017	0.00756

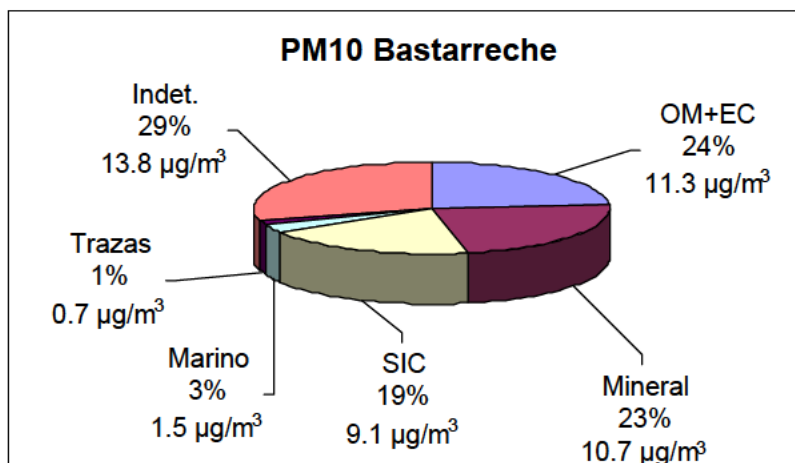
5. Resultados

La	2006	14	0.00000	0.00032	0.00008	0.00009	1.36812	0.59738	1.97653	1.15405	0.00002
	2007	81	0.00000	0.00054	0.00011	0.00011	1.21169	0.26730	1.79083	0.52867	0.00004
	Total	95	0.00000	0.00054	0.00011	0.00011	1.23391	0.24746	1.82097	0.49017	0.00004
Ce	2006	14	0.00000	0.00066	0.00017	0.00021	1.05455	0.59738	0.54444	1.15405	0.00003
	2007	81	0.00000	0.00121	0.00023	0.00025	1.43361	0.26730	2.40602	0.52867	0.00006
	Total	95	0.00000	0.00121	0.00022	0.00025	1.42110	0.24746	2.40573	0.49017	0.00006
Pr	2006	14	0.00000	0.00006	0.00002	0.00002	1.12466	0.59738	0.87835	1.15405	0.00001
	2007	81	0.00000	0.00011	0.00002	0.00003	1.32349	0.26730	1.78127	0.52867	0.00001
	Total	95	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	1.34195	0.24746	1.89549	0.49017	0.00001
Nd	2006	14	0.00001	0.00026	0.00008	0.00008	0.99409	0.59738	0.37706	1.15405	0.00004
	2007	81	0.00001	0.00051	0.00010	0.00011	1.43506	0.26730	2.31517	0.52867	0.00005
	Total	95	0.00001	0.00051	0.00010	0.00010	1.45358	0.24746	2.48060	0.49017	0.00005
Hf	2006	14	0.00000	0.00063	0.00028	0.00022	0.18877	0.59738	-1.21440	1.15405	0.00012
	2007	81	0.00000	0.00068	0.00038	0.00017	0.10723	0.26730	-1.07010	0.52867	0.00033
	Total	95	0.00000	0.00068	0.00036	0.00018	-0.00126	0.24746	-0.93380	0.49017	0.00028
Ti	2006	14	0.00003	0.00011	0.00007	0.00002	-0.32334	0.59738	0.29276	1.15405	0.00007
	2007	81	0.00003	0.00022	0.00005	0.00003	2.11105	0.26730	6.47906	0.52867	0.00005
	Total	95	0.00003	0.00022	0.00006	0.00003	1.88031	0.24746	5.85679	0.49017	0.00005
Pb	2006	14	0.00652	0.07990	0.01897	0.01861	3.06200	0.59738	10.31789	1.15405	0.01478
	2007	81	0.00266	0.07923	0.01273	0.01226	2.69227	0.26730	10.37053	0.52867	0.00920
	Total	95	0.00266	0.07990	0.01365	0.01345	2.89582	0.24746	10.98212	0.49017	0.00987
Th	2006	14	0.00000	0.00006	0.00001	0.00002	1.60757	0.59738	2.17620	1.15405	0.00001
	2007	81	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	2.44201	0.26730	9.62369	0.52867	0.00001
	Total	95	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	2.60589	0.24746	10.91468	0.49017	0.00001
U	2006	14	0.00007	0.00023	0.00014	0.00006	0.34459	0.59738	-1.47025	1.15405	0.00013
	2007	81	0.00002	0.00020	0.00011	0.00005	-0.36755	0.26730	-0.48608	0.52867	0.00009
	Total	95	0.00002	0.00023	0.00012	0.00005	-0.16434	0.24746	-0.35672	0.49017	0.00010
Mo	2006	14	0.00000	0.00003	0.00000	0.00001	3.74166	0.59738	14.00000	1.15405	0.00000
	2007	81	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	.	.	.	.	0.00000
	Total	95	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	9.74679	0.24746	95.00000	0.49017	0.00000

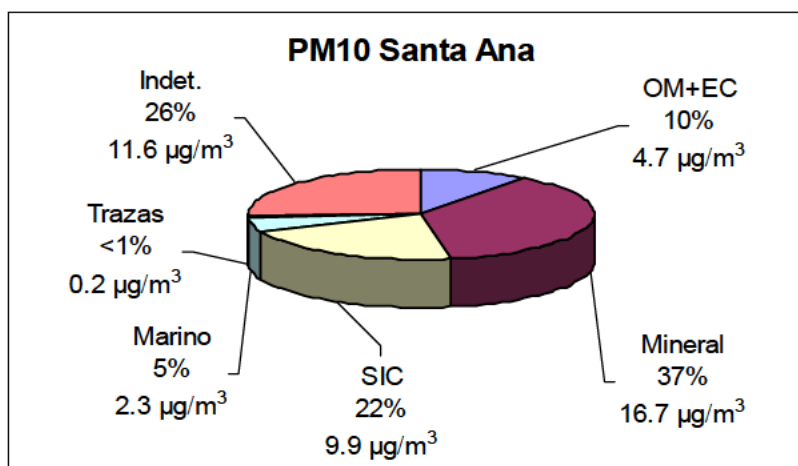
5. Resultados

Figura 5.1. Gráficos de sectores en cada estación de muestreo y para cada tamaño de partículas en cada una de las campañas con análisis químico (ver detalles en Tabla 4.1) Fracción carbonosa (OM+EC), mineral, compuestos inorgánicos secundarios (SIC), marino, trazas y la porción de indeterminación química (Indet.). Los porcentajes están redondeados a la unidad y las concentraciones a la décima.

a) PM₁₀ en Bastarache en la campaña 2004-2005.

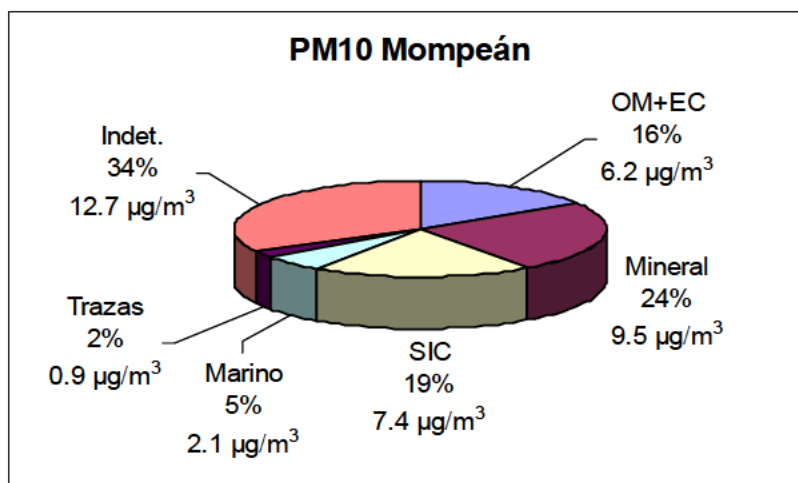


b) PM₁₀ en Santa Ana en la campaña 2004-2005.

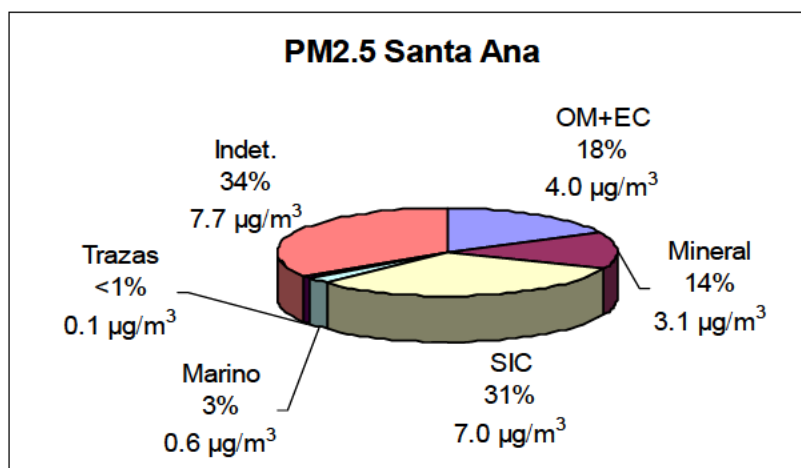


5. Resultados

c) PM₁₀ en Mompeán en la campaña 2006-2007.



d) PM_{2.5} en Santa Ana en la campaña 2004-2005.



5. Resultados

e) PM_{2.5} en Mompeán en la campaña 2006-2007.

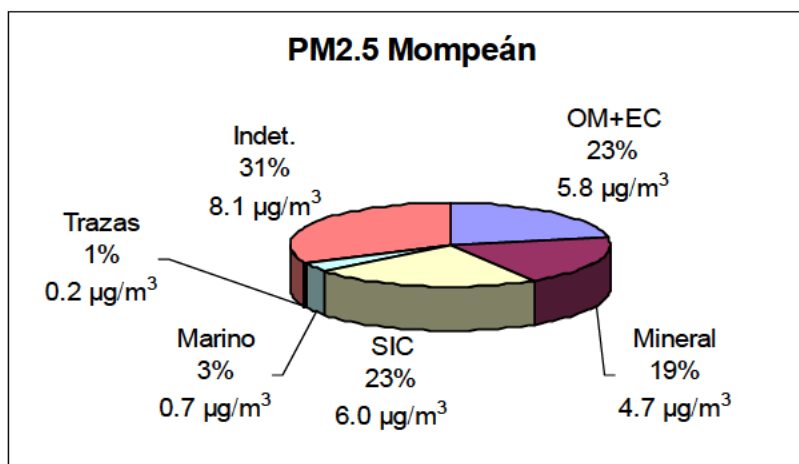


Tabla 5.3. Test de Levene y nivel de significación del ANOVA para las variables incluidas en el estudio. Factores: año, estación de muestreo, para cada año factor estación de muestreo y viceversa. Factor estación de muestreo: 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana. “gl” indica los grados de libertad y “sig” el nivel de significación o p-valor.

a) Test de Levene, prueba ANOVA y Pruebas Post Hoc para el factor año de todos los datos de PM₁₀ conjuntamente.

Levene, factor:año					ANOVA, factor:año		
Variable	Estadístico	gl1	gl2	Sig.	Variable		Sig.
PM ₁₀	14.677	4	1894	0.000	PM ₁₀	Inter-grupos	0.000
PM ₁₀ M	6.288	3	272	0.000	PM ₁₀ M	Inter-grupos	0.000
OM+EC	33.32	3	272	0.000	OM+EC	Inter-grupos	0.000
Al ₂ O ₃	10.004	3	272	0.000	Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.002
Ca	11.81	3	272	0.000	Ca	Inter-grupos	0.000
Ca _{sol}	5.481	1	84	0.022	Ca _{sol}	Inter-grupos	0.192
K	7.848	3	272	0.000	K	Inter-grupos	0.035
K _{sol}	6.071	1	84	0.016	K _{sol}	Inter-grupos	0.670
Na	13.395	3	272	0.000	Na	Inter-grupos	0.000
Na _{sol}	2.173	1	84	0.144	Na _{sol}	Inter-grupos	0.007
Mg	5.353	3	272	0.001	Mg	Inter-grupos	0.000
Mg _{sol}	2.271	1	84	0.136	Mg _{sol}	Inter-grupos	0.008
Fe	5.863	3	272	0.001	Fe	Inter-grupos	0.140
SO ₄ ²⁻	4.467	3	272	0.004	SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.001
NO ₃ ⁻	14.245	3	272	0.000	NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.025
Cl ⁻	6.128	3	272	0.000	Cl ⁻	Inter-grupos	0.592
F ⁻	0.244	1	84	0.623	F ⁻	Inter-grupos	0.873
NH ₄ ⁺	6.318	3	272	0.000	NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.165
Li	6.694	3	272	0.000	Li	Inter-grupos	0.134
P	6.93	3	272	0.000	P	Inter-grupos	0.003
Ti	7.827	3	272	0.000	Ti	Inter-grupos	0.005
V	8.687	3	272	0.000	V	Inter-grupos	0.000
Cr	4.446	3	272	0.005	Cr	Inter-grupos	0.174
Mn	5.641	3	272	0.001	Mn	Inter-grupos	0.063
Co	11.303	3	272	0.000	Co	Inter-grupos	0.000
Ni	2.888	3	272	0.036	Ni	Inter-grupos	0.027

5. Resultados

Cu	0.517	3	272	0.671	Cu	Inter-grupos	0.041
Zn	1.797	3	272	0.148	Zn	Inter-grupos	0.000
As	9.437	3	272	0.000	As	Inter-grupos	0.000
Se	12.503	3	272	0.000	Se	Inter-grupos	0.701
Rb	10.709	3	272	0.000	Rb	Inter-grupos	0.000
Sr	13.85	3	272	0.000	Sr	Inter-grupos	0.000
Y	4.805	3	272	0.003	Y	Inter-grupos	0.001
Zr	4.602	3	272	0.004	Zr	Inter-grupos	0.000
Cd	0.982	3	272	0.402	Cd	Inter-grupos	0.427
Sn	2.624	3	272	0.051	Sn	Inter-grupos	0.000
Sb	3.715	3	272	0.012	Sb	Inter-grupos	0.000
Cs	16.163	3	272	0.000	Cs	Inter-grupos	0.003
Ba	1.815	3	272	0.145	Ba	Inter-grupos	0.562
La	10.269	3	272	0.000	La	Inter-grupos	0.000
Ce	7.603	3	272	0.000	Ce	Inter-grupos	0.002
Pr	9.768	3	272	0.000	Pr	Inter-grupos	0.000
Nd	8.921	3	272	0.000	Nd	Inter-grupos	0.000
Hf	47.911	3	272	0.000	Hf	Inter-grupos	0.027
Tl	17.973	3	272	0.000	Tl	Inter-grupos	0.001
Pb	2.452	3	272	0.064	Pb	Inter-grupos	0.003
Th	3.222	3	272	0.023	Th	Inter-grupos	0.097
U	48.148	3	272	0.000	U	Inter-grupos	0.059
Mo	39.778	3	272	0.000	Mo	Inter-grupos	0.000

Variable dependiente todos juntos por año	Prueba	(I) year	(J) year	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PM ₁₀	Tamhane	2004	2005	6.5191*	0.000
			2006	6.7215*	0.000
			2007	6.2032*	0.000
			2008	11.0364*	0.000
		2005	2004	-6.5191*	0.000
			2006	0.2024	1.000
			2007	-0.3159	1.000
			2008	4.5173*	0.000
		2006	2004	-6.7215*	0.000
			2005	-0.2024	1.000
			2007	-0.5183	1.000
			2008	4.3149*	0.000
		2007	2004	-6.2032*	0.000
			2005	0.3159	1.000
			2006	0.5183	1.000
			2008	4.8332*	0.000
		2008	2004	-11.0364*	0.000
			2005	-4.5173*	0.000
			2006	-4.3149*	0.000
			2007	-4.8332*	0.000
PM ₁₀ M	Tamhane	2004	2005	9.1257*	0.016
			2006	17.2697*	0.003
			2007	12.0582*	0.000
		2005	2004	-9.1257*	0.016
			2006	8.144	0.295
			2007	2.933	0.879
		2006	2004	-17.2697*	0.003
			2005	-8.144	0.295
			2007	-5.212	0.620
		2007	2004	-12.0582*	0.000
			2005	-2.933	0.879
			2006	5.212	0.620
OM+EC	Tamhane	2004	2005	-3.102	0.105
			2006	-0.308	1.000

5. Resultados

Al ₂ O ₃	Tamhane	2005	2007	1.7055*	0.000
			2004	3.102	0.105
			2006	2.794	0.342
		2006	2007	4.8078*	0.002
			2004	0.308	1.000
			2005	-2.794	0.342
		2007	2007	2.013	0.272
			2004	-1.7055*	0.000
			2005	-4.8078*	0.002
		2004	2006	-2.013	0.272
			2005	.8798*	0.000
			2006	.9567*	0.000
		2005	2007	.5225*	0.013
			2004	-.8798*	0.000
			2006	0.077	0.981
		2006	2007	-.3573*	0.002
			2004	-.9567*	0.000
			2005	-0.077	0.981
		2007	2007	-.4342*	0.013
			2004	-.5225*	0.013
			2005	.3573*	0.002
Ca	Tamhane	2004	2006	.4342*	0.013
			2005	0.464	0.233
			2006	1.0131*	0.001
		2005	2007	1.0108*	0.000
			2004	-0.464	0.233
			2006	0.549	0.214
		2006	2007	.5469*	0.047
			2004	-1.0131*	0.001
			2005	-0.549	0.214
		2007	2007	-0.002	1.000
			2004	-1.0108*	0.000
			2005	-.5469*	0.047
K	Tamhane	2004	2006	0.002	1.000
			2005	0.095	0.056
			2006	0.124	0.265
		2005	2007	.0983*	0.015
			2004	-0.095	0.056
			2006	0.029	0.997
		2006	2007	0.003	1.000
			2004	-0.124	0.265
			2005	-0.029	0.997
		2007	2007	-0.026	0.998
			2004	-.0983*	0.015
			2005	-0.003	1.000
Na	Tamhane	2004	2006	0.026	0.998
			2005	.6273*	0.000
			2006	.6175*	0.000
		2005	2007	-.3854*	0.022
			2004	-.6273*	0.000
			2006	-0.010	1.000
		2006	2007	-1.0127*	0.000
			2004	-.6175*	0.000
			2005	0.010	1.000
		2007	2007	-1.0030*	0.000
			2004	.3854*	0.022
			2005	1.0127*	0.000
Mg	Tamhane	2004	2006	1.0030*	0.000
			2005	.1671*	0.000

5. Resultados

Fe	Tamhane	2004	2006	.1791*	0.000		
			2007	0.024	0.941		
			2005	2004	-.1671*	0.000	
				2006	0.012	0.997	
				2007	-.1429*	0.000	
			2006	2004	-.1791*	0.000	
				2005	-0.012	0.997	
				2007	-.1549*	0.000	
			2007	2004	-0.024	0.941	
				2005	.1429*	0.000	
				2006	.1549*	0.000	
			2004	2005	.1792*	0.018	
				2006	0.060	0.988	
				2007	0.094	0.364	
			2005	2004	-.1792*	0.018	
				2006	-0.120	0.751	
				2007	-0.085	0.414	
			2006	2004	-0.060	0.988	
				2005	0.120	0.751	
				2007	0.034	0.999	
			2007	2004	-0.094	0.364	
				2005	0.085	0.414	
				2006	-0.034	0.999	
SO ₄ ²⁻	Tamhane	2004	2005	1.3086*	0.003		
			2006	2.5883*	0.000		
			2007	-0.128	0.999		
		2005	2004	-1.3086*	0.003		
			2006	1.2796*	0.007		
			2007	-1.4362*	0.002		
		2006	2004	-2.5883*	0.000		
			2005	-1.2796*	0.007		
			2007	-2.7158*	0.000		
		2007	2004	0.128	0.999		
			2005	1.4362*	0.002		
			2006	2.7158*	0.000		
		NO ₃ ⁻	Tamhane	2004	2005	-0.851	0.376
					2006	1.2348*	0.004
					2007	0.087	0.999
2005	2004			0.851	0.376		
	2006			2.0858*	0.001		
	2007			0.938	0.246		
2006	2004			-1.2348*	0.004		
	2005			-2.0858*	0.001		
	2007			-1.1482*	0.007		
2007	2004			-0.087	0.999		
	2005			-0.938	0.246		
	2006			1.1482*	0.007		
Cl ⁻	Tamhane	2004	2005	0.124	0.821		
			2006	0.207	0.479		
			2007	0.055	0.965		
		2005	2004	-0.124	0.821		
			2006	0.084	0.991		
			2007	-0.068	0.980		
		2006	2004	-0.207	0.479		
			2005	-0.084	0.991		
			2007	-0.152	0.724		
		2007	2004	-0.055	0.965		
			2005	0.068	0.980		
			2006	0.152	0.724		

5. Resultados

NH ₄ ⁺	Tamhane	2004	2005	0.203	0.768
			2006	.6885*	0.000
			2007	-0.019	1.000
		2005	2004	-0.203	0.768
			2006	.4853*	0.041
			2007	-0.223	0.583
		2006	2004	-.6885*	0.000
			2005	-.4853*	0.041
			2007	-.7079*	0.000
		2007	2004	0.019	1.000
			2005	0.223	0.583
			2006	.7079*	0.000
Li	Tamhane	2004	2005	0.000	0.544
			2006	.0003*	0.000
			2007	0.000	0.084
		2005	2004	0.000	0.544
			2006	.0002*	0.003
			2007	0.000	0.679
		2006	2004	-.0003*	0.000
			2005	-.0002*	0.003
			2007	-.0001*	0.033
		2007	2004	0.000	0.084
			2005	0.000	0.679
			2006	.0001*	0.033
P	Tamhane	2004	2005	0.005	0.269
			2006	-0.002	0.999
			2007	.0080*	0.000
		2005	2004	-0.005	0.269
			2006	-0.007	0.743
			2007	0.003	0.642
		2006	2004	0.002	0.999
			2005	0.007	0.743
			2007	0.010	0.345
		2007	2004	-.0080*	0.000
			2005	-0.003	0.642
			2006	-0.010	0.345
Ti	Tamhane	2004	2005	.0218*	0.000
			2006	.0240*	0.000
			2007	.0150*	0.012
		2005	2004	-.0218*	0.000
			2006	0.002	0.994
			2007	-0.007	0.296
		2006	2004	-.0240*	0.000
			2005	-0.002	0.994
			2007	-0.009	0.162
		2007	2004	-.0150*	0.012
			2005	0.007	0.296
			2006	0.009	0.162
V	Tamhane	2004	2005	.0058*	0.000
			2006	.0063*	0.000
			2007	-0.002	0.560
		2005	2004	-.0058*	0.000
			2006	0.000	0.999
			2007	-.0080*	0.000
		2006	2004	-.0063*	0.000
			2005	0.000	0.999
			2007	-.0085*	0.000
		2007	2004	0.002	0.560

5. Resultados

Cr	Tamhane	2004	2005	.0080*	0.000
			2006	.0085*	0.000
			2005	0.000	1.000
			2006	0.001	0.200
			2007	.0008*	0.000
		2005	2004	0.000	1.000
			2006	0.001	0.992
			2007	0.001	0.981
		2006	2004	-0.001	0.200
			2005	-0.001	0.992
			2007	0.000	0.999
		2007	2004	-.0008*	0.000
Mn	Tamhane	2004	2005	.0038*	0.008
			2006	0.003	0.672
			2007	0.002	0.259
		2005	2004	-.0038*	0.008
			2006	-0.001	0.972
			2007	-0.002	0.401
		2006	2004	-0.003	0.672
			2005	0.001	0.972
			2007	-0.001	1.000
		2007	2004	-0.002	0.259
			2005	0.002	0.401
			2006	0.001	1.000
Co	Tamhane	2004	2005	.0001*	0.000
			2006	.0003*	0.000
			2007	.0002*	0.000
		2005	2004	-.0001*	0.000
			2006	.0001*	0.000
			2007	0.000	0.992
		2006	2004	-.0003*	0.000
			2005	-.0001*	0.000
			2007	-.0001*	0.000
		2007	2004	-.0002*	0.000
			2005	0.000	0.992
			2006	.0001*	0.000
Ni	Tamhane	2004	2005	0.002	0.139
			2006	.0039*	0.000
			2007	0.001	0.744
		2005	2004	-0.002	0.139
			2006	0.002	0.339
			2007	-0.001	0.703
		2006	2004	-.0039*	0.000
			2005	-0.002	0.339
			2007	-.0030*	0.000
		2007	2004	-0.001	0.744
			2005	0.001	0.703
			2006	.0030*	0.000
Cu	DMS	2004	2005	-0.003	0.285
			2006	-.0114*	0.013
			2007	-0.003	0.104
		2005	2004	0.003	0.285
			2006	-0.009	0.075
			2007	0.000	0.922
		2006	2004	.0114*	0.013
			2005	0.009	0.075
			2007	0.009	0.066

5. Resultados

Zn	DMS	2007	2004	0.003	0.104
			2005	0.000	0.922
			2006	-0.009	0.066
		2004	2005	-0.091	0.314
			2006	-.6947*	0.000
			2007	-.4724*	0.000
		2005	2004	0.091	0.314
			2006	-.6036*	0.001
			2007	-.3813*	0.000
		2006	2004	.6947*	0.000
			2005	.6036*	0.001
			2007	0.222	0.205
As	Tamhane	2007	2004	.4724*	0.000
			2005	.3813*	0.000
			2006	-0.222	0.205
		2004	2005	0.000	0.944
			2006	-0.001	0.270
			2007	-.0005*	0.000
		2005	2004	0.000	0.944
			2006	-0.001	0.475
			2007	0.000	0.114
		2006	2004	0.001	0.270
			2005	0.001	0.475
			2007	0.000	0.995
Se	Tamhane	2007	2004	.0005*	0.000
			2005	0.000	0.114
			2006	0.000	0.995
		2004	2005	0.000	0.972
			2006	0.000	0.862
			2007	0.000	0.974
		2005	2004	0.000	0.972
			2006	0.000	0.670
			2007	0.000	0.998
		2006	2004	0.000	0.862
			2005	0.000	0.670
			2007	0.000	0.476
Rb	Tamhane	2007	2004	0.000	0.974
			2005	0.000	0.998
			2006	0.000	0.476
		2004	2005	.0005*	0.000
			2006	.0006*	0.000
			2007	.0005*	0.000
		2005	2004	-.0005*	0.000
			2006	0.000	0.884
			2007	0.000	0.975
		2006	2004	-.0006*	0.000
			2005	0.000	0.884
			2007	0.000	0.570
Sr	Tamhane	2007	2004	-.0005*	0.000
			2005	0.000	0.975
			2006	0.000	0.570
		2004	2005	.0028*	0.000
			2006	.0050*	0.000
			2007	.0037*	0.000
		2005	2004	-.0028*	0.000
			2006	.0022*	0.025
			2007	0.001	0.534
		2006	2004	-.0050*	0.000
			2005	-.0022*	0.025

5. Resultados

Y	Tamhane	2007	2007	-0.001	0.191
			2004	-.0037*	0.000
		2005	2005	-0.001	0.534
			2006	0.001	0.191
		2004	2005	.0001*	0.000
			2006	0.000	0.134
			2007	0.000	0.732
		2005	2004	-.0001*	0.000
			2006	.0000*	0.004
			2007	-.0002*	0.000
		2006	2004	0.000	0.134
			2005	.0001*	0.004
			2007	.0000*	0.002
		2007	2004	0.000	0.732
			2005	.0002*	0.000
			2006	.0001*	0.002
Zr	Tamhane	2004	2005	0.001	0.799
			2006	-0.002	0.444
			2007	-.0057*	0.000
		2005	2004	-0.001	0.799
			2006	-0.002	0.179
			2007	-.0065*	0.000
		2006	2004	0.002	0.444
			2005	0.002	0.179
			2007	-.0041*	0.008
		2007	2004	.0057*	0.000
			2005	.0065*	0.000
			2006	.0041*	0.008
Cd	DMS	2004	2005	0.000	0.959
			2006	0.000	0.675
			2007	0.000	0.107
		2005	2004	0.000	0.959
			2006	0.000	0.718
			2007	0.000	0.303
		2006	2004	0.000	0.675
			2005	0.000	0.718
			2007	0.000	0.847
		2007	2004	0.000	0.107
			2005	0.000	0.303
			2006	0.000	0.847
Sn	DMS	2004	2005	0.000	0.892
			2006	-.0019*	0.000
			2007	-.0007*	0.000
		2005	2004	0.000	0.892
			2006	-.0019*	0.000
			2007	-.0007*	0.009
		2006	2004	.0019*	0.000
			2005	.0019*	0.000
			2007	.0012*	0.012
		2007	2004	.0007*	0.000
			2005	.0007*	0.009
			2006	-.0012*	0.012
Sb	Tamhane	2004	2005	-0.001	0.217
			2006	-0.003	0.164
			2007	-0.001	0.214
		2005	2004	0.001	0.217
			2006	-0.003	0.444
			2007	0.000	1.000
		2006	2004	0.003	0.164

5. Resultados

Cs	Tamhane	2007	2005	0.003	0.444
			2007	0.002	0.498
			2004	0.001	0.214
		2004	2005	0.000	1.000
			2006	-0.002	0.498
			2005	.0000*	0.000
		2005	2006	.0000*	0.002
			2007	.0000*	0.012
			2004	.0000*	0.000
		2006	2006	0.000	0.966
			2007	.0000*	0.005
			2004	.0000*	0.002
		2007	2005	0.000	0.966
			2007	0.000	0.504
			2004	.0000*	0.012
Ba	DMS	2004	2005	.0000*	0.005
			2006	0.000	0.504
			2005	0.004	0.159
		2005	2006	0.002	0.765
			2007	0.001	0.602
			2004	-0.004	0.159
		2006	2006	-0.003	0.681
			2007	-0.003	0.341
			2004	-0.002	0.765
		2007	2005	0.003	0.681
			2007	-0.001	0.923
			2004	-0.001	0.602
		2004	2005	0.003	0.341
			2006	0.001	0.923
			2005	.0003*	0.000
La	Tamhane	2004	2006	.0002*	0.000
			2007	.0002*	0.000
			2004	-0.0003*	0.000
		2005	2006	0.000	0.209
			2007	.0000*	0.001
			2004	-.0002*	0.000
		2006	2005	0.000	0.209
			2007	0.000	0.999
			2004	-.0002*	0.000
		2007	2005	.0001*	0.001
			2006	0.000	0.999
			2005	.0004*	0.000
		2004	2006	.0003*	0.044
			2007	.0003*	0.003
			2004	-.0004*	0.000
Ce	Tamhane	2005	2006	0.000	0.364
			2007	0.000	0.387
			2004	-.0003*	0.044
		2006	2005	0.000	0.364
			2007	0.000	0.997
			2004	-.0003*	0.003
		2007	2005	0.000	0.387
			2006	0.000	0.997
			2005	.0001*	0.000
		2004	2006	.0001*	0.000
			2007	.0001*	0.000
			2004	.0000*	0.000
		2005	2006	0.000	0.958
			2007	0.000	0.985
			2004	.0000*	0.000
		2006	2005	0.000	0.958
			2007	0.000	0.985
			2004	.0000*	0.000
Pr	Tamhane	2004	2005	.0001*	0.000
			2006	.0001*	0.000
			2007	.0001*	0.000
		2005	2004	.0000*	0.000
			2006	0.000	0.958
			2007	0.000	0.985
		2006	2005	0.000	0.958
			2007	0.000	0.985
			2004	.0000*	0.000
		2007	2005	0.000	0.958
			2006	0.000	0.985
			2004	.0000*	0.000
		2004	2005	.0001*	0.000
			2006	.0001*	0.000
			2007	.0001*	0.000
		2005	2004	.0000*	0.000
			2006	0.000	0.958
			2007	0.000	0.985

5. Resultados

Nd	Tamhane	2006	2004	.0000*	0.000
			2005	0.000	0.958
			2007	0.000	1.000
		2007	2004	.0000*	0.000
			2005	0.000	0.985
			2006	0.000	1.000
		2004	2005	.0002*	0.000
			2006	.0002*	0.001
			2007	.0002*	0.000
		2005	2004	-.0002*	0.000
			2006	0.000	0.274
			2007	0.000	0.297
		2006	2004	-.0002*	0.001
			2005	0.000	0.274
			2007	0.000	1.000
Hf	Tamhane	2007	2004	-.0002*	0.000
			2005	0.000	0.297
			2006	0.000	1.000
		2004	2005	0.000	0.763
			2006	.0002*	0.001
			2007	0.000	0.196
		2005	2004	0.000	0.763
			2006	.0004*	0.013
			2007	0.000	0.991
		2006	2004	-.0002*	0.001
			2005	-.0004*	0.013
			2007	-.0003*	0.000
		2007	2004	0.000	0.196
			2005	0.000	0.991
			2006	.0003*	0.000
Tl	Tamhane	2004	2005	0.000	0.603
			2006	0.000	0.979
			2007	0.000	0.445
		2005	2004	0.000	0.603
			2006	0.000	0.629
			2007	0.000	0.560
		2006	2004	0.000	0.979
			2005	0.000	0.629
			2007	0.000	0.314
		2007	2004	0.000	0.445
			2005	0.000	0.560
			2006	0.000	0.314
Pb	DMS	2004	2005	-0.004	0.108
			2006	-.0131*	0.004
			2007	-.0047*	0.007
		2005	2004	0.004	0.108
			2006	-0.009	0.063
			2007	-0.001	0.755
		2006	2004	.0131*	0.004
			2005	0.009	0.063
			2007	0.008	0.072
		2007	2004	.0047*	0.007
			2005	0.001	0.755
			2006	-0.008	0.072
Th	Tamhane	2004	2005	0.000	0.128
			2006	.0001*	0.000
			2007	0.000	0.437
		2005	2004	0.000	0.128
			2006	0.000	0.834

5. Resultados

U	Tamhane	2006	2007	0.000	0.831
			2004	.0000*	0.000
			2005	0.000	0.834
		2007	2007	.0000*	0.020
			2004	0.000	0.437
			2005	0.000	0.831
		2004	2006	.0000*	0.020
			2005	0.000	0.754
			2006	0.000	0.079
		2005	2007	0.000	0.982
			2004	0.000	0.754
			2006	0.000	0.278
		2006	2007	0.000	0.630
			2004	0.000	0.079
			2005	0.000	0.278
		2007	2007	0.000	0.140
			2004	0.000	0.982
			2005	0.000	0.630
Mo	Tamhane	2004	2006	0.000	0.140
			2005	.0017*	0.000
			2006	.0022*	0.000
		2005	2007	.0022*	0.000
			2004	-.0017*	0.000
			2006	.0005*	0.021
		2006	2007	.0005*	0.020
			2004	-.0022*	0.000
			2005	-.0005*	0.021
		2007	2007	0.000	0.925
			2004	-.0022*	0.000
			2005	-.0005*	0.020
		2006	2006	0.000	0.925

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

b) Test de Levene, prueba ANOVA y Pruebas Post Hoc para el factor estación de muestreo, de todos los datos de PM₁₀ conjuntamente.

Levene, factor: estación de muestreo					ANOVA, factor: estación de muestreo		
Variable	Estadístico	gl1	gl2	Sig.	Variable		Sig.
PM ₁₀	25.098	2	1896	0.000	PM ₁₀	Inter-grupos	0.000
PM ₁₀ M	13.037	2	273	0.000	PM ₁₀ M	Inter-grupos	0.000
OM+EC	39.816	2	273	0.000	OM+EC	Inter-grupos	0.000
Al ₂ O ₃	17.897	2	273	0.000	Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.000
Ca	43.538	2	273	0.000	Ca	Inter-grupos	0.000
K	14.999	2	273	0.000	K	Inter-grupos	0.000
Na	11.006	2	273	0.000	Na	Inter-grupos	0.000
Mg	10.475	2	273	0.000	Mg	Inter-grupos	0.017
Fe	8.641	2	273	0.000	Fe	Inter-grupos	0.545
SO ₄ ²⁻	0.303	2	273	0.739	SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.499
NO ₃ ⁻	16.016	2	273	0.000	NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.001
Cl ⁻	8.578	2	273	0.000	Cl ⁻	Inter-grupos	0.000
NH ₄ ⁺	12.873	2	273	0.000	NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.023
Li	22.76	2	273	0.000	Li	Inter-grupos	0.001
P	14.444	2	273	0.000	P	Inter-grupos	0.000
Ti	16.225	2	273	0.000	Ti	Inter-grupos	0.000
V	3.18	2	273	0.043	V	Inter-grupos	0.069
Cr	4.942	2	273	0.008	Cr	Inter-grupos	0.033

5. Resultados

Mn	6.544	2	273	0.002	Mn	Inter-grupos	0.429
Co	10.573	2	273	0.000	Co	Inter-grupos	0.000
Ni	4.622	2	273	0.011	Ni	Inter-grupos	0.006
Cu	2.384	2	273	0.094	Cu	Inter-grupos	0.000
Zn	30.025	2	273	0.000	Zn	Inter-grupos	0.000
As	21.16	2	273	0.000	As	Inter-grupos	0.000
Se	17.06	2	273	0.000	Se	Inter-grupos	0.934
Rb	19.865	2	273	0.000	Rb	Inter-grupos	0.000
Sr	32.683	2	273	0.000	Sr	Inter-grupos	0.000
Y	13.79	2	273	0.000	Y	Inter-grupos	0.000
Zr	4.002	2	273	0.019	Zr	Inter-grupos	0.000
Cd	8.132	2	273	0.000	Cd	Inter-grupos	0.000
Sn	8.288	2	273	0.000	Sn	Inter-grupos	0.000
Sb	13.697	2	273	0.000	Sb	Inter-grupos	0.000
Cs	30.063	2	273	0.000	Cs	Inter-grupos	0.000
Ba	3.006	2	273	0.051	Ba	Inter-grupos	0.810
La	14.125	2	273	0.000	La	Inter-grupos	0.000
Ce	12.231	2	273	0.000	Ce	Inter-grupos	0.004
Pr	16.054	2	273	0.000	Pr	Inter-grupos	0.000
Nd	13.668	2	273	0.000	Nd	Inter-grupos	0.000
Hf	64.259	2	273	0.000	Hf	Inter-grupos	0.000
Tl	1.746	2	273	0.176	Tl	Inter-grupos	0.464
Pb	9.082	2	273	0.000	Pb	Inter-grupos	0.000
Th	5.826	2	273	0.003	Th	Inter-grupos	0.097
U	28.405	2	273	0.000	U	Inter-grupos	0.001
Mo	55.025	2	273	0.000	Mo	Inter-grupos	0.000

Variable dependiente todos juntos por estación de muestreo	Prueba	(I) est. muestreo	(J) est. muestreo	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PM ₁₀	Tamhane	1	2	6.6217*	0.000
			3	-6.8431*	0.013
		2	1	-6.6217*	0.000
			3	-13.4648*	0.000
		3	1	6.8431*	0.013
			2	13.4648*	0.000
PM ₁₀ M	Tamhane	1	2	11.6940*	0.000
			3	1.5199	0.914
		2	1	-11.6940*	0.000
			3	-10.1741*	0.000
		3	1	-1.5199	0.914
			2	10.1741*	0.000
OM+EC	Tamhane	1	2	5.2628*	0.000
			3	6.6208*	0.000
		2	1	-5.2628*	0.000
			3	1.3579*	0.000
		3	1	-6.6208*	0.000
			2	-1.3579*	0.000
Al ₂ O ₃	Tamhane	1	2	0.0427	0.981
			3	-.7587*	0.008
		2	1	-0.0427	0.981
			3	-.8014*	0.003
		3	1	.7587*	0.008
			2	.8014*	0.003
Ca	Tamhane	1	2	.4339*	0.000
			3	-1.0254*	0.000
		2	1	-.4339*	0.000

5. Resultados

			3	-1.4593*	0.000
		3	1	1.0254*	0.000
			2	1.4593*	0.000
K	Tamhane	1	2	-0.0037	0.998
			3	-.1814*	0.000
		2	1	0.0037	0.998
			3	-.1777*	0.000
		3	1	.1814*	0.000
			2	.1777*	0.000
Na	Tamhane	1	2	-.5394*	0.000
			3	-.2856*	0.042
		2	1	.5394*	0.000
			3	0.2538	0.229
		3	1	.2856*	0.042
			2	-0.2538	0.229
Mg	Tamhane	1	2	-0.0341	0.365
			3	-.0901*	0.036
		2	1	0.0341	0.365
			3	-0.0561	0.329
		3	1	.0901*	0.036
			2	0.0561	0.329
Fe	Tamhane	1	2	0.0724	0.293
			3	0.0261	0.981
		2	1	-0.0724	0.293
			3	-0.0463	0.889
		3	1	-0.0261	0.981
			2	0.0463	0.889
SO ₄ ²⁻	DMS	1	2	0.0911	0.799
			3	0.3993	0.257
		2	1	-0.0911	0.799
			3	0.3081	0.397
		3	1	-0.3993	0.257
			2	-0.3081	0.397
NO ₃ ⁻	Tamhane	1	2	-0.1249	0.938
			3	-.9626*	0.009
		2	1	0.1249	0.938
			3	-.8377*	0.009
		3	1	.9626*	0.009
			2	.8377*	0.009
Cl ⁻	Tamhane	1	2	-0.1344	0.134
			3	-.3765*	0.001
		2	1	0.1344	0.134
			3	-.2420*	0.022
		3	1	.3765*	0.001
			2	.2420*	0.022
NH ₄ ⁺	Tamhane	1	2	-0.1745	0.228
			3	-0.3834	0.055
		2	1	0.1745	0.228
			3	-0.2089	0.431
		3	1	0.3834	0.055
			2	0.2089	0.431
Li	Tamhane	1	2	0.000	0.890

5. Resultados

			3	-.0003*	0.020
		2	1	0.000	0.890
			3	-.0003*	0.010
		3	1	.0003*	0.020
			2	.0003*	0.010
P	Tamhane	1	2	0.0021	0.545
			3	-.0084*	0.004
		2	1	-0.0021	0.545
			3	-.0105*	0.000
		3	1	.0084*	0.004
			2	.0105*	0.000
Ti	Tamhane	1	2	0.0025	0.869
			3	-.0199*	0.017
		2	1	-0.0025	0.869
			3	-.0224*	0.004
		3	1	.0199*	0.017
			2	.0224*	0.004
V	Tamhane	1	2	-0.0016	0.663
			3	0.0017	0.458
		2	1	0.0016	0.663
			3	0.0033	0.051
		3	1	-0.0017	0.458
			2	-0.0033	0.051
Cr	Tamhane	1	2	.0011*	0.050
			3	0.0006	0.556
		2	1	-.0011*	0.050
			3	-.0005*	0.020
		3	1	-0.0006	0.556
			2	.0005*	0.020
Mn	Tamhane	1	2	0.0016	0.294
			3	0.0004	0.987
		2	1	-0.0016	0.294
			3	-0.0012	0.742
		3	1	-0.0004	0.987
			2	0.0012	0.742
Co	Tamhane	1	2	.0002*	0.000
			3	0.000	0.805
		2	1	-.0002*	0.000
			3	-.0001*	0.001
		3	1	0.000	0.805
			2	.0001*	0.001
Ni	Tamhane	1	2	0.0018	0.060
			3	.0021*	0.011
		2	1	-0.0018	0.060
			3	0.0004	0.917
		3	1	-.0021*	0.011
			2	-0.0004	0.917
Cu	DMS	1	2	0.002	0.253
			3	.0107*	0.000
		2	1	-0.002	0.253
			3	.0087*	0.000
		3	1	-.0107*	0.000

5. Resultados

Zn	Tamhane	1	2	-.0087*	0.000
			2	-.2438*	0.007
			3	.4822*	0.000
		2	1	.2438*	0.007
			3	.7260*	0.000
			3	-.4822*	0.000
As	Tamhane	1	2	-.7260*	0.000
			2	-0.0003	0.052
			3	.0004*	0.000
		2	1	0.0003	0.052
			3	.0006*	0.000
			3	-.0004*	0.000
Se	Tamhane	1	2	-.0006*	0.000
			2	0.000	0.979
			3	0.000	0.990
		2	1	0.000	0.979
			3	0.000	1.000
			3	0.000	0.990
Rb	Tamhane	1	2	0.000	1.000
			2	0.0001	0.272
			3	-.0005*	0.003
		2	1	-0.0001	0.272
			3	-.0007*	0.000
			3	.0005*	0.003
Sr	Tamhane	1	2	.0007*	0.000
			2	.0024*	0.000
			3	-.0019*	0.034
		2	1	-.0024*	0.000
			3	-.0043*	0.000
			3	.0019*	0.034
Y	Tamhane	1	2	.0043*	0.000
			2	-.0001*	0.000
			3	-.0001*	0.000
		2	1	.0001*	0.000
			3	0.000	0.925
			3	.0001*	0.000
Zr	Tamhane	1	2	0.000	0.925
			2	-.0071*	0.000
			3	-.0034*	0.000
		2	1	.0071*	0.000
			3	.0037*	0.000
			3	.0034*	0.000
Cd	Tamhane	1	2	-.0037*	0.000
			2	0.0001	0.935
			3	.0005*	0.000
		2	1	0.000	0.935
			3	.0005*	0.000
			3	-.0005*	0.000
Sn	Tamhane	1	2	-.0005*	0.000
			2	-.0006*	0.001
			3	.0005*	0.047
		2	1	.0006*	0.001

5. Resultados

			3	.0011*	0.000
		3	1	-.0005*	0.047
			2	-.0011*	0.000
Sb	Tamhane	1	2	0.000	1.000
			3	.0023*	0.000
		2	1	0.000	1.000
			3	.0022*	0.000
		3	1	-.0023*	0.000
			2	-.0022*	0.000
Cs	Tamhane	1	2	0.000	1.000
			3	.0000*	0.006
		2	1	0.000	1.000
			3	.0000*	0.004
		3	1	.0000*	0.006
			2	.0000*	0.004
Ba	DMS	1	2	0.0011	0.628
			3	0.0013	0.542
		2	1	-0.0011	0.628
			3	0.0003	0.910
		3	1	-0.0013	0.542
			2	-0.0003	0.910
La	Tamhane	1	2	0.0001	0.056
			3	-0.0001	0.075
		2	1	0.000	0.056
			3	-.0002*	0.001
		3	1	0.0001	0.075
			2	.0002*	0.001
Ce	Tamhane	1	2	0.0001	0.176
			3	-0.0002	0.182
		2	1	-0.0001	0.176
			3	-.0004*	0.012
		3	1	0.0002	0.182
			2	.0004*	0.012
Pr	Tamhane	1	2	.0000*	0.000
			3	.0000*	0.016
		2	1	.0000*	0.000
			3	.0000*	0.000
		3	1	.0000*	0.016
			2	.0001*	0.000
Nd	Tamhane	1	2	0.0001	0.062
			3	-0.0001	0.085
		2	1	0.000	0.062
			3	-.0002*	0.001
		3	1	0.0001	0.085
			2	.0002*	0.001
Hf	Tamhane	1	2	-.0001*	0.000
			3	-.0003*	0.000
		2	1	.0001*	0.000
			3	-0.0001	0.154
		3	1	.0003*	0.000
			2	0.0001	0.154
Tl	DMS	1	2	0.0001	0.222

5. Resultados

			3	0.000	0.691
		2	1	0.000	0.222
			3	0.000	0.413
		3	1	0.000	0.691
			2	0.000	0.413
Pb	Tamhane	1	2	0.0005	0.992
			3	.0110*	0.000
		2	1	-0.0005	0.992
			3	.0105*	0.000
		3	1	-.0110*	0.000
			2	-.0105*	0.000
Th	Tamhane	1	2	.0000*	0.018
			3	0.000	0.350
		2	1	.0000*	0.018
			3	0.000	0.992
		3	1	0.000	0.350
			2	0.000	0.992
U	Tamhane	1	2	.0000*	0.013
			3	.0001*	0.006
		2	1	.0000*	0.013
			3	0.000	0.626
		3	1	.0000*	0.006
			2	0.000	0.626
Mo	Tamhane	1	2	.0016*	0.000
			3	-0.0006	0.289
		2	1	-.0016*	0.000
			3	-.0022*	0.000
		3	1	0.0006	0.289
			2	.0022*	0.000

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

c) Test de Levene, prueba ANOVA y Pruebas Post Hoc para cada año, factor estación de muestreo muestreo PM₁₀.

Levene, segmentando por año, factor:estación de muestreo						ANOVA, segmentando por año, factor:estación de muestreo		
Año	Variable	Estadístico	gl1	gl2	Sig.	Año	Variable	Sig.
2004	PM ₁₀	2.167	1	439	0.142	2004	PM ₁₀	Inter-grupos 0.004
	PM ₁₀ M	9.896	1	155	0.002		PM ₁₀ M	Inter-grupos 0.557
	OM+EC	20.353	1	155	0.000		OM+EC	Inter-grupos 0.000
	Al ₂ O ₃	14.751	1	155	0.000		Al ₂ O ₃	Inter-grupos 0.007
	Ca	38.65	1	155	0.000		Ca	Inter-grupos 0.000
	K	12.614	1	155	0.001		K	Inter-grupos 0.001
	Na	13.12	1	155	0.000		Na	Inter-grupos 0.050
	Mg	14.305	1	155	0.000		Mg	Inter-grupos 0.031
	Fe	6.456	1	155	0.012		Fe	Inter-grupos 0.912
	SO ₄ ²⁻	0.214	1	155	0.645		SO ₄ ²⁻	Inter-grupos 0.269
	NO ₃ ⁻	4.594	1	155	0.034		NO ₃ ⁻	Inter-grupos 0.000
	Cl ⁻	0.706	1	155	0.402		Cl ⁻	Inter-grupos 0.001
	NH ₄ ⁺	6.241	1	155	0.014		NH ₄ ⁺	Inter-grupos 0.033
	Li	23.923	1	155	0.000		Li	Inter-grupos 0.003

5. Resultados

2005	P	15.731	1	155	0.000	P	Inter-grupos	0.002
	Ti	12.734	1	155	0.000	Ti	Inter-grupos	0.015
	V	4.895	1	155	0.028	V	Inter-grupos	0.124
	Cr	0.45	1	155	0.503	Cr	Inter-grupos	0.434
	Mn	2.515	1	155	0.115	Mn	Inter-grupos	0.889
	Co	0.884	1	155	0.349	Co	Inter-grupos	0.208
	Ni	6.225	1	155	0.014	Ni	Inter-grupos	0.005
	Cu	1.582	1	155	0.210	Cu	Inter-grupos	0.000
	Zn	36.857	1	155	0.000	Zn	Inter-grupos	0.000
	As	8.853	1	155	0.003	As	Inter-grupos	0.000
	Se	0.03	1	155	0.863	Se	Inter-grupos	0.339
	Rb	15.3	1	155	0.000	Rb	Inter-grupos	0.003
	Sr	24.893	1	155	0.000	Sr	Inter-grupos	0.044
	Y	17.738	1	155	0.000	Y	Inter-grupos	0.000
	Zr	3.312	1	155	0.071	Zr	Inter-grupos	0.000
	Cd	12.074	1	155	0.001	Cd	Inter-grupos	0.000
	Sn	32.492	1	155	0.000	Sn	Inter-grupos	0.529
	Sb	22.875	1	155	0.000	Sb	Inter-grupos	0.000
	Cs	21.315	1	155	0.000	Cs	Inter-grupos	0.008
	Ba	2.704	1	155	0.102	Ba	Inter-grupos	0.672
	La	10.439	1	155	0.002	La	Inter-grupos	0.072
	Ce	12.225	1	155	0.001	Ce	Inter-grupos	0.113
	Pr	8.603	1	155	0.004	Pr	Inter-grupos	0.011
	Nd	11.148	1	155	0.001	Nd	Inter-grupos	0.063
	Hf	19.146	1	155	0.000	Hf	Inter-grupos	0.059
	Tl	18.744	1	155	0.000	Tl	Inter-grupos	0.000
	Pb	9.409	1	155	0.003	Pb	Inter-grupos	0.000
	Th	6.382	1	155	0.013	Th	Inter-grupos	0.292
	U	0.163	1	155	0.687	U	Inter-grupos	0.333
	Mo	1.666	1	155	0.199	Mo	Inter-grupos	0.437
	PM ₁₀	6.962	2	367	0.001	PM ₁₀	Inter-grupos	0.000
	PM ₁₀ M	3.131	1	31	0.087	PM ₁₀ M	Inter-grupos	0.419
	OM+EC	11.654	1	31	0.002	OM+EC	Inter-grupos	0.001
	Al ₂ O ₃	0.022	1	31	0.882	Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.004
	Ca	3.945	1	31	0.056	Ca	Inter-grupos	0.004
	K	1.106	1	31	0.301	K	Inter-grupos	0.001
	Na	4.78	1	31	0.036	Na	Inter-grupos	0.017
	Mg	0.676	1	31	0.417	Mg	Inter-grupos	0.141
	Fe	7.669	1	31	0.009	Fe	Inter-grupos	0.027
	SO ₄ ²⁻	2.576	1	31	0.119	SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.318
	NO ₃ ⁻	0.4	1	31	0.532	NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.603
	Cl ⁻	1.548	1	31	0.223	Cl ⁻	Inter-grupos	0.129
	NH ₄ ⁺	0.837	1	31	0.367	NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.336
	Li	0.1	1	31	0.754	Li	Inter-grupos	0.051
	P	4.226	1	31	0.048	P	Inter-grupos	0.640
	Ti	2.387	1	31	0.132	Ti	Inter-grupos	0.026
	V	3.254	1	31	0.081	V	Inter-grupos	0.457
	Cr	2.243	1	31	0.144	Cr	Inter-grupos	0.381
	Mn	6.423	1	31	0.017	Mn	Inter-grupos	0.103
	Co	0.105	1	31	0.748	Co	Inter-grupos	0.368
	Ni	2.644	1	31	0.114	Ni	Inter-grupos	0.209
	Cu	9.617	1	31	0.004	Cu	Inter-grupos	0.000

5. Resultados

Zn	24.113	1	31	0.000	Zn	Inter-grupos	0.000
As	32.93	1	31	0.000	As	Inter-grupos	0.005
Se	1.074	1	31	0.308	Se	Inter-grupos	0.260
Rb	0.159	1	31	0.693	Rb	Inter-grupos	0.000
Sr	0.491	1	31	0.489	Sr	Inter-grupos	0.064
Y	13.689	1	31	0.001	Y	Inter-grupos	0.102
Zr	16.073	1	31	0.000	Zr	Inter-grupos	0.000
Cd	3.1	1	31	0.088	Cd	Inter-grupos	0.035
Sn	12.301	1	31	0.001	Sn	Inter-grupos	0.000
Sb	14.019	1	31	0.001	Sb	Inter-grupos	0.000
Cs	36.667	1	31	0.000	Cs	Inter-grupos	0.000
Ba	6.468	1	31	0.016	Ba	Inter-grupos	0.166
La	0.287	1	31	0.596	La	Inter-grupos	0.000
Ce	0.305	1	31	0.585	Ce	Inter-grupos	0.035
Pr	85.759	1	31	0.000	Pr	Inter-grupos	0.435
Nd	7.069	1	31	0.012	Nd	Inter-grupos	0.050
Hf	11.197	1	31	0.002	Hf	Inter-grupos	0.000
Tl	1.971	1	31	0.170	Tl	Inter-grupos	0.599
Pb	0.159	1	31	0.693	Pb	Inter-grupos	0.048
Th	8.624	1	31	0.006	Th	Inter-grupos	0.011
U	36.145	1	31	0.000	U	Inter-grupos	0.001
Mo	115.802	1	31	0.000	Mo	Inter-grupos	0.000

Segmentado por año	Variable dependiente	Prueba	(I) est. muestreo	(J) est. muestreo	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
2005	PM ₁₀	Tamhane	1	2	9.1320*	0.000
				3	1.7805	0.946
			2	1	-9.1320*	0.000
				3	-7.3515	0.154
			3	1	-1.7805	0.946
				2	7.3515	0.154

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

d) Test de Levene, prueba ANOVA y Pruebas Post Hoc segmentando por estación de muestreo para el factor año de los datos de PM₁₀.

Levene, segmentando por est. muestreo, factor: año						ANOVA, segmentando por est. muestreo, factor: año			
Est. muestreo	Variable	Estadístico	gl1	gl2	Sig.	Est. muestreo	Variable		Sig.
1	PM ₁₀	3.627	1	558	0.057	1	PM ₁₀	Inter-grupos	0.527
	PM ₁₀ M	4.601	1	96	0.034		PM ₁₀ M	Inter-grupos	0.015
	OM+EC	19.285	1	96	0.000		OM+EC	Inter-grupos	0.017
	Al ₂ O ₃	6.058	1	96	0.016		Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.017
	Ca	0.021	1	96	0.885		Ca	Inter-grupos	0.060
	K	3.115	1	96	0.081		K	Inter-grupos	0.208
	Na	17.517	1	96	0.000		Na	Inter-grupos	0.000
	Mg	2.356	1	96	0.128		Mg	Inter-grupos	0.000
	Fe	0.825	1	96	0.366		Fe	Inter-grupos	0.204
	SO ₄ ²⁻	1.239	1	96	0.268		SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.031
	NO ₃ ⁻	12.048	1	96	0.001		NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.001
	Cl ⁻	2.785	1	96	0.098		Cl ⁻	Inter-grupos	0.805
	NH ₄ ⁺	0.456	1	96	0.501		NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.584
	Li	2.179	1	96	0.143		Li	Inter-grupos	0.049

5. Resultados

2	P	0.017	1	96	0.898	P	Inter-grupos	0.819
	Ti	4.704	1	96	0.033	Ti	Inter-grupos	0.021
	V	9.839	1	96	0.002	V	Inter-grupos	0.010
	Cr	7.059	1	96	0.009	Cr	Inter-grupos	0.434
	Mn	0.887	1	96	0.349	Mn	Inter-grupos	0.155
	Co	4.379	1	96	0.039	Co	Inter-grupos	0.001
	Ni	1.185	1	96	0.279	Ni	Inter-grupos	0.100
	Cu	0.565	1	96	0.454	Cu	Inter-grupos	0.178
	Zn	0	1	96	0.997	Zn	Inter-grupos	0.582
	As	11.15	1	96	0.001	As	Inter-grupos	0.213
	Se	0.532	1	96	0.467	Se	Inter-grupos	0.117
	Rb	6.001	1	96	0.016	Rb	Inter-grupos	0.022
	Sr	0.709	1	96	0.402	Sr	Inter-grupos	0.001
	Y	7.222	1	96	0.008	Y	Inter-grupos	0.005
	Zr	22.523	1	96	0.000	Zr	Inter-grupos	0.000
	Cd	0.526	1	96	0.470	Cd	Inter-grupos	0.582
	Sn	17.472	1	96	0.000	Sn	Inter-grupos	0.001
	Sb	10.708	1	96	0.001	Sb	Inter-grupos	0.007
	Cs	39.63	1	96	0.000	Cs	Inter-grupos	0.002
	Ba	0.076	1	96	0.783	Ba	Inter-grupos	0.145
	La	9.27	1	96	0.003	La	Inter-grupos	0.000
	Ce	7.258	1	96	0.008	Ce	Inter-grupos	0.008
	Pr	1.482	1	96	0.226	Pr	Inter-grupos	0.001
	Nd	4.427	1	96	0.038	Nd	Inter-grupos	0.004
	Hf	22.859	1	96	0.000	Hf	Inter-grupos	0.002
	Tl	13.315	1	96	0.000	Tl	Inter-grupos	0.026
	Pb	0.806	1	96	0.371	Pb	Inter-grupos	0.512
	Th	1.048	1	96	0.309	Th	Inter-grupos	0.278
	U	50.223	1	96	0.000	U	Inter-grupos	0.000
	Mo	49.016	1	96	0.000	Mo	Inter-grupos	0.000
	PM ₁₀	2.91	3	1243	0.033	PM ₁₀	Inter-grupos	0.000
	PM ₁₀ M	0.384	1	84	0.537	PM ₁₀ M	Inter-grupos	0.168
	OM+EC	5.889	1	84	0.017	OM+EC	Inter-grupos	0.001
	Al ₂ O ₃	1.546	1	84	0.217	Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.094
	Ca	0.001	1	84	0.976	Ca	Inter-grupos	0.992
	K	0.019	1	84	0.889	K	Inter-grupos	0.643
	Na	9.081	1	84	0.003	Na	Inter-grupos	0.006
	Mg	6.382	1	84	0.013	Mg	Inter-grupos	0.008
	Fe	0.018	1	84	0.895	Fe	Inter-grupos	0.710
	SO ₄ ²⁻	7.722	1	84	0.007	SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.001
	NO ₃ ⁻	0.873	1	84	0.353	NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.008
	Cl ⁻	0.025	1	84	0.874	Cl ⁻	Inter-grupos	0.200
	NH ₄ ⁺	1.037	1	84	0.312	NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.000
	Li	1.43	1	84	0.235	Li	Inter-grupos	0.112
	P	0.426	1	84	0.516	P	Inter-grupos	0.017
	Ti	1.073	1	84	0.303	Ti	Inter-grupos	0.241
	V	7.088	1	84	0.009	V	Inter-grupos	0.031
	Cr	0.039	1	84	0.843	Cr	Inter-grupos	0.667
	Mn	0.118	1	84	0.732	Mn	Inter-grupos	0.803
	Co	2.859	1	84	0.095	Co	Inter-grupos	0.002
	Ni	6.127	1	84	0.015	Ni	Inter-grupos	0.060
	Cu	0.061	1	84	0.805	Cu	Inter-grupos	0.055
	Zn	0.011	1	84	0.919	Zn	Inter-grupos	0.308
	As	0.152	1	84	0.698	As	Inter-grupos	0.642
	Se	1.326	1	84	0.253	Se	Inter-grupos	0.173
	Rb	0.821	1	84	0.368	Rb	Inter-grupos	0.337
	Sr	0.471	1	84	0.494	Sr	Inter-grupos	0.112
	Y	14.459	1	84	0.000	Y	Inter-grupos	0.105
	Zr	0.05	1	84	0.824	Zr	Inter-grupos	0.000

5. Resultados

3	Cd	2.149	1	84	0.146	3	Cd	Inter-grupos	0.845
	Sn	0.391	1	84	0.533		Sn	Inter-grupos	0.005
	Sb	0.316	1	84	0.575		Sb	Inter-grupos	0.127
	Cs	1.923	1	84	0.169		Cs	Inter-grupos	0.312
	Ba	2.428	1	84	0.123		Ba	Inter-grupos	0.835
	La	1.495	1	84	0.225		La	Inter-grupos	0.810
	Ce	1.647	1	84	0.203		Ce	Inter-grupos	0.799
	Pr	2.188	1	84	0.143		Pr	Inter-grupos	0.924
	Nd	2.245	1	84	0.138		Nd	Inter-grupos	0.908
	Hf	0.176	1	84	0.676		Hf	Inter-grupos	0.000
	Tl	2.783	1	84	0.099		Tl	Inter-grupos	0.159
	Pb	0.233	1	84	0.631		Pb	Inter-grupos	0.102
	Th	3.233	1	84	0.076		Th	Inter-grupos	0.144
	U	4.906	1	84	0.029		U	Inter-grupos	0.147
	Mo	59.256	1	84	0.000		Mo	Inter-grupos	0.001
	Ca _{sol}	5.481	1	84	0.022		Ca _{sol}	Inter-grupos	0.192
	K _{sol}	6.071	1	84	0.016		K _{sol}	Inter-grupos	0.670
	Na _{sol}	2.173	1	84	0.144		Na _{sol}	Inter-grupos	0.007
	Mg _{sol}	2.271	1	84	0.136		Mg _{sol}	Inter-grupos	0.008
	F	0.244	1	84	0.623		F	Inter-grupos	0.873
	PM ₁₀	2.185	1	90	0.143		PM ₁₀	Inter-grupos	0.084
	PM ₁₀ M	2.185	1	90	0.143		PM ₁₀ M	Inter-grupos	0.084
	OM+EC	0.942	1	90	0.334		OM+EC	Inter-grupos	0.020
	Al ₂ O ₃	7.112	1	90	0.009		Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.092
	Ca	2.961	1	90	0.089		Ca	Inter-grupos	0.582
	K	4.1	1	90	0.046		K	Inter-grupos	0.415
	Na	10.032	1	90	0.002		Na	Inter-grupos	0.024
	Mg	6.086	1	90	0.016		Mg	Inter-grupos	0.042
	Fe	5.732	1	90	0.019		Fe	Inter-grupos	0.142
	SO ₄ ²⁻	4.366	1	90	0.039		SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.064
	NO ₃ ⁻	0.278	1	90	0.599		NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.896
	Cl ⁻	0.208	1	90	0.649		Cl ⁻	Inter-grupos	0.525
	NH ₄ ⁺	0.814	1	90	0.369		NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.557
	Li	5.123	1	90	0.026		Li	Inter-grupos	0.203
	P	8.275	1	90	0.005		P	Inter-grupos	0.194
	Ti	4.16	1	90	0.044		Ti	Inter-grupos	0.180
	V	10.088	1	90	0.002		V	Inter-grupos	0.019
	Cr	5.714	1	90	0.019		Cr	Inter-grupos	0.014
	Mn	5.586	1	90	0.020		Mn	Inter-grupos	0.098
	Co	3.259	1	90	0.074		Co	Inter-grupos	0.311
	Ni	6.441	1	90	0.013		Ni	Inter-grupos	0.055
	Cu	0.745	1	90	0.390		Cu	Inter-grupos	0.508
	Zn	0.034	1	90	0.855		Zn	Inter-grupos	0.655
	As	1.734	1	90	0.191		As	Inter-grupos	0.354
	Se	0.504	1	90	0.480		Se	Inter-grupos	0.518
	Rb	6.988	1	90	0.010		Rb	Inter-grupos	0.150
	Sr	4.864	1	90	0.030		Sr	Inter-grupos	0.193
	Y	3.948	1	90	0.050		Y	Inter-grupos	0.038
	Zr	0.119	1	90	0.731		Zr	Inter-grupos	0.075
	Cd	3.179	1	90	0.078		Cd	Inter-grupos	0.083
	Sn	10.124	1	90	0.002		Sn	Inter-grupos	0.009
	Sb	0.116	1	90	0.734		Sb	Inter-grupos	0.870
	Cs	8.779	1	90	0.004		Cs	Inter-grupos	0.175
	Ba	1.489	1	90	0.226		Ba	Inter-grupos	0.446
	La	7.913	1	90	0.006		La	Inter-grupos	0.055
	Ce	6.856	1	90	0.010		Ce	Inter-grupos	0.147
	Pr	7.832	1	90	0.006		Pr	Inter-grupos	0.019
	Nd	8.386	1	90	0.005		Nd	Inter-grupos	0.081
	Hf	0.04	1	90	0.843		Hf	Inter-grupos	0.000

5. Resultados

Ti	27.621	1	90	0.000	Ti	Inter-grupos	0.012
Pb	13.14	1	90	0.000	Pb	Inter-grupos	0.099
Th	3.361	1	90	0.070	Th	Inter-grupos	0.111
U	18.999	1	90	0.000	U	Inter-grupos	0.002
Mo	2.78	1	90	0.099	Mo	Inter-grupos	0.219

segmentando por estación de muestreo, 2	Variable dependiente PM ₁₀	Prueba DMS	(I) year 2005	(J) year 2006	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
				2007	-4.9427*	0.000
				2008	-5.4610*	0.000
				2008	-0.6278	0.577
			2006	2005	4.9427*	0.000
				2007	-0.5183	0.553
				2008	4.3149*	0.000
			2007	2005	5.4610*	0.000
				2006	0.5183	0.553
				2008	4.8332*	0.000
			2008	2005	0.6278	0.577
				2006	-4.3149*	0.000
				2007	-4.8332*	0.000

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

e) Test de Levene, prueba ANOVA y Pruebas Post Hoc para el factor año de todos los datos de PM_{2.5} conjuntamente.

Levene, factor:año					ANOVA, factor:año		
Variable	Estadístico	gl1	gl2	Sig.	Variable		Sig.
PM _{2.5}	1.450	4	294	0.218	PM _{2.5}	Inter-grupos	0.007
PM _{2.5} M	1.039	3	189	0.376	PM _{2.5} M	Inter-grupos	0.792
OM+EC	0.886	3	142	0.450	OM+EC	Inter-grupos	0.000
Al ₂ O ₃	2.567	3	189	0.056	Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.010
Ca	1.362	3	189	0.256	Ca	Inter-grupos	0.013
Ca _{sol}	0.000	1	46	0.992	Ca _{sol}	Inter-grupos	0.524
K	0.746	3	189	0.526	K	Inter-grupos	0.150
K _{sol}	4.012	1	46	0.051	K _{sol}	Inter-grupos	0.120
Na	20.048	3	189	0.000	Na	Inter-grupos	0.000
Na _{sol}	3.761	1	46	0.059	Na _{sol}	Inter-grupos	0.076
Mg	15.579	3	189	0.000	Mg	Inter-grupos	0.009
Mg _{sol}	0.038	1	46	0.847	Mg _{sol}	Inter-grupos	0.129
Fe	1.823	3	189	0.144	Fe	Inter-grupos	0.000
SO ₄ ²⁻	4.965	3	189	0.002	SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.000
NO ₃ ⁻	0.775	3	142	0.510	NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.604
Cl ⁻	4.703	3	142	0.004	Cl ⁻	Inter-grupos	0.000
F ⁻	0.407	1	46	0.527	F ⁻	Inter-grupos	0.000
NH ₄ ⁺	1.915	3	142	0.130	NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.226
Li	4.231	3	189	0.006	Li	Inter-grupos	0.244
P	1.860	3	189	0.138	P	Inter-grupos	0.000
Ti	1.574	3	189	0.197	Ti	Inter-grupos	0.265
V	11.300	3	189	0.000	V	Inter-grupos	0.000
Cr	10.684	3	189	0.000	Cr	Inter-grupos	0.280
Mn	3.451	3	189	0.018	Mn	Inter-grupos	0.000

5. Resultados

Co	5.117	3	189	0.002	Co	Inter-grupos	0.191
Ni	4.256	3	189	0.006	Ni	Inter-grupos	0.006
Cu	4.389	3	189	0.005	Cu	Inter-grupos	0.000
Zn	10.146	3	189	0.000	Zn	Inter-grupos	0.000
As	18.848	3	189	0.000	As	Inter-grupos	0.000
Se	4.851	3	189	0.003	Se	Inter-grupos	0.000
Rb	2.636	3	189	0.051	Rb	Inter-grupos	0.288
Sr	0.684	3	189	0.563	Sr	Inter-grupos	0.002
Y	20.554	3	189	0.000	Y	Inter-grupos	0.000
Zr	0.604	3	189	0.613	Zr	Inter-grupos	0.203
Cd	8.407	3	189	0.000	Cd	Inter-grupos	0.000
Sn	27.462	3	189	0.000	Sn	Inter-grupos	0.001
Sb	5.056	3	189	0.002	Sb	Inter-grupos	0.006
Cs	3.973	3	189	0.009	Cs	Inter-grupos	0.000
Ba	2.422	3	189	0.067	Ba	Inter-grupos	0.000
La	2.444	3	189	0.065	La	Inter-grupos	0.073
Ce	1.873	3	189	0.136	Ce	Inter-grupos	0.170
Pr	21.624	3	189	0.000	Pr	Inter-grupos	0.005
Nd	3.181	3	189	0.025	Nd	Inter-grupos	0.092
Hf	17.026	3	189	0.000	Hf	Inter-grupos	0.000
Tl	16.982	3	189	0.000	Tl	Inter-grupos	0.014
Pb	10.514	3	189	0.000	Pb	Inter-grupos	0.000
Th	10.974	3	189	0.000	Th	Inter-grupos	0.006
U	5.063	3	189	0.002	U	Inter-grupos	0.000
Mo	11.884	3	189	0.000	Mo	Inter-grupos	0.003

Variable dependiente todos juntos por año	Prueba	(I) year	(J) year	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
PM _{2.5}	DMS	2004	2005	0.4876	0.835
			2006	-2.2402	0.105
			2007	0.3925	0.757
			2008	3.7688*	0.014
		2005	2004	-0.4876	0.835
			2006	-2.7278	0.253
			2007	-0.095	0.967
			2008	3.2813	0.185
		2006	2004	2.2402	0.105
			2005	2.7278	0.253
			2007	2.6327	0.053
			2008	6.0091*	0.000
		2007	2004	-0.3925	0.757
			2005	0.095	0.967
			2006	-2.6327	0.053
			2008	3.3763*	0.025
		2008	2004	-3.7688*	0.014
			2005	-3.2813	0.185
			2006	-6.0091*	0.000
			2007	-3.3763*	0.025
PM _{2.5} M	DMS	2004	2005	0.4876	0.840
			2006	2.2200	0.374
			2007	-0.2720	0.840
			2008		

5. Resultados

OM+EC	DMS	2005	2004	-0.4876	0.840
			2006	1.7325	0.589
			2007	-0.7596	0.754
		2006	2004	-2.2200	0.374
			2005	-1.7325	0.589
			2007	-2.4921	0.319
		2007	2004	0.2720	0.840
			2005	0.7596	0.754
			2006	2.4921	0.319
		2004	2005	-2.2969*	0.000
			2006	-3.6482*	0.000
			2007	-1.9073*	0.000
		2005	2004	2.2969*	0.000
			2006	-1.3513	0.197
			2007	0.3896	0.571
		2006	2004	3.6482*	0.000
			2005	1.3513	0.197
			2007	1.7409	0.063
		2007	2004	1.9073*	0.000
			2005	-0.3896	0.571
			2006	-1.7409	0.063
Al ₂ O ₃	DMS	2004	2005	.2635*	0.033
			2006	-0.0841	0.507
			2007	-0.1316	0.056
		2005	2004	-.2635*	0.033
			2006	-.3476*	0.034
			2007	-.3950*	0.002
		2006	2004	0.0841	0.507
			2005	.3476*	0.034
			2007	-0.0475	0.709
		2007	2004	0.1316	0.056
			2005	.3950*	0.002
			2006	0.0475	0.709
Ca	DMS	2004	2005	-0.0678	0.687
			2006	-0.2919	0.094
			2007	-.2969*	0.002
		2005	2004	0.0678	0.687
			2006	-0.2241	0.316
			2007	-0.2290	0.176
		2006	2004	0.2919	0.094
			2005	0.2241	0.316
			2007	-0.0050	0.977
		2007	2004	.2969*	0.002
			2005	0.2290	0.176
			2006	0.0050	0.977
K	DMS	2004	2005	-0.0468	0.193
			2006	-0.0724	0.051
			2007	-0.0284	0.157
		2005	2004	0.0468	0.193

5. Resultados

Na	Tamhane	2004	2006	-0.0256	0.591	
			2007	0.0184	0.608	
			2006	2004	0.0724	0.051
				2005	0.0256	0.591
			2007	2007	0.0440	0.236
				2004	0.0284	0.157
			2005	2005	-0.0184	0.608
				2006	-0.0440	0.236
		2005	2004	.0659*	0.028	
			2006	-.1097*	0.016	
			2007	-.3551*	0.000	
			2004	-0.0659*	0.028	
				2006	-.1756*	0.000
			2007	-0.4210*	0.000	
				2006	2004	.1097*	0.016
			2005		.1756*	0.000
Mg	Tamhane	2004	2007	-.2454*	0.000	
			2007	2004	.3551*	0.000
				2005	.4210*	0.000
			2006	2006	.2454*	0.000
				2005	.0964*	0.000
			2006	2006	0.0242	0.717
				2007	-0.0122	0.989
			2005	2004	-.0964*	0.000
		2006		-.0722*	0.000	
		2006	2007	-.1085*	0.000	
			2006	2004	-0.0242	0.717
				2005	.0722*	0.000
			2007	2007	-0.0364	0.103
				2007	2004	0.0122	0.989
			2005		.1085*	0.000
			Fe	DMS	2004	2006	0.0364	0.103
2005	0.0570					0.195
2006	-.1193*	0.009				
2007	-.1012*	0.000				
2005	2004	-0.0570			0.195	
	2006	-.1764*			0.003	
2006	2007	-.1582*			0.000	
	2006	2004			.1193*	0.009
SO ₄ ²⁻		Tamhane	2004	2005	.1764*	0.003
	2007			0.0182	0.688	
	2007		2004	.1012*	0.000	
			2005	.1582*	0.000	
	2006		2006	-0.0182	0.688	
			2005	1.2070*	0.003	
	2005		2006	1.2127*	0.018	
			2007	-1.0444*	0.003	

5. Resultados

NO_3^-	DMS	2006	2007	-2.2513*	0.000
			2004	-1.2127*	0.018
			2005	-0.0057	1.000
			2007	-2.2570*	0.000
		2007	2004	1.0444*	0.003
			2005	2.2513*	0.000
			2006	2.2570*	0.000
		2004	2005	-0.5088	0.242
			2006	0.2366	0.698
			2007	0.0720	0.807
		2005	2004	0.5088	0.242
			2006	0.7453	0.293
			2007	0.5808	0.215
		2006	2004	-0.2366	0.698
			2005	-0.7453	0.293
			2007	-0.1645	0.795
		2007	2004	-0.0720	0.807
			2005	-0.5808	0.215
			2006	0.1645	0.795
Cl^-	Tamhane	2004	2005	-0.0231	0.993
			2006	0.0263	0.997
			2007	.1390*	0.002
		2005	2004	0.0231	0.993
			2006	0.0494	0.967
			2007	.1621*	0.015
		2006	2004	-0.0263	0.997
			2005	-0.0494	0.967
			2007	0.1127	0.396
		2007	2004	-.1390*	0.002
			2005	-.1621*	0.015
			2006	-0.1127	0.396
NH_4^+	DMS	2004	2005	0.2143	0.564
			2006	0.9321	0.075
			2007	-0.1546	0.540
		2005	2004	-0.2143	0.564
			2006	0.7178	0.237
			2007	-0.3689	0.356
		2006	2004	-0.9321	0.075
			2005	-0.7178	0.237
			2007	-1.0867*	0.046
		2007	2004	0.1546	0.540
			2005	0.3689	0.356
			2006	1.0867*	0.046
Li	Tamhane	2004	2005	.0002*	0.018
			2006	0.0001	0.292
			2007	0.0001	0.842
		2005	2004	-.0002*	0.018
			2006	.0000*	0.004
			2007	-.0001*	0.000

5. Resultados

P	DMS	2006	2004	-0.0001	0.292
			2005	.0001*	0.004
			2007	0.0000	0.095
		2007	2004	0.0000	0.842
			2005	.0001*	0.000
			2006	0.0001	0.095
		2004	2005	0.0013	0.602
			2006	-.0088*	0.000
			2007	-.0042*	0.002
		2005	2004	-0.0013	0.602
			2006	-.0101*	0.002
			2007	-.0055*	0.023
		2006	2004	.0088*	0.000
			2005	.0101*	0.002
			2007	0.0046	0.065
		2007	2004	.0042*	0.002
			2005	.0055*	0.023
			2006	-0.0046	0.065
Ti	DMS	2004	2005	0.0044	0.231
			2006	0.0003	0.929
			2007	-0.0024	0.239
		2005	2004	-0.0044	0.231
			2006	-0.0041	0.403
			2007	-0.0068	0.065
		2006	2004	-0.0003	0.929
			2005	0.0041	0.403
			2007	-0.0027	0.469
		2007	2004	0.0024	0.239
			2005	0.0068	0.065
			2006	0.0027	0.469
V	Tamhane	2004	2005	.0041*	0.000
			2006	0.0020	0.441
			2007	-.0055*	0.001
		2005	2004	-.0041*	0.000
			2006	-0.0020	0.401
			2007	-.0096*	0.000
		2006	2004	-0.0020	0.441
			2005	0.0020	0.401
			2007	-.0076*	0.000
		2007	2004	.0055*	0.001
			2005	.0096*	0.000
			2006	.0076*	0.000
Cr	Tamhane	2004	2005	-0.0010	0.972
			2006	-0.0001	0.990
			2007	-0.0002	0.932
		2005	2004	0.0010	0.972
			2006	0.0009	0.986
			2007	0.0008	0.990
		2006	2004	0.0001	0.990

5. Resultados

Mn	Tamhane	2007	2005	-0.0009	0.986
			2007	0.0000	1.000
			2004	0.0002	0.932
			2005	-0.0008	0.990
			2006	0.0001	1.000
			2005	0.0008	0.112
		2004	2006	-0.0026	0.059
			2007	-.0026*	0.000
			2004	-0.0008	0.112
			2006	-.0034*	0.007
			2007	-.0035*	0.000
			2004	0.0026	0.059
		2006	2005	.0034*	0.007
			2007	0.0000	1.000
			2004	.0026*	0.000
			2005	.0035*	0.000
			2006	0.0001	1.000
			2005	0.0000	0.648
Co	Tamhane	2007	2006	0.0000	0.576
			2007	0.0000	0.826
			2004	0.0000	0.648
			2006	0.0000	1.000
			2007	0.0000	0.062
			2004	0.0000	0.576
		2005	2005	0.0000	1.000
			2007	.0000*	0.016
			2004	0.0000	0.826
			2005	0.0000	0.062
			2006	.0000*	0.016
			2005	0.0011	0.560
Ni	Tamhane	2007	2006	.0018*	0.008
			2007	-0.0013	0.212
			2004	-0.0011	0.560
			2006	0.0007	0.895
			2007	-.0024*	0.019
			2004	-.0018*	0.008
		2005	2005	-0.0007	0.895
			2007	-.0031*	0.000
			2004	0.0013	0.212
			2005	.0024*	0.019
			2006	.0031*	0.000
			2005	0.0007	0.973
Cu	Tamhane	2007	2006	-0.0066	0.069
			2007	-.0048*	0.004
			2004	-0.0007	0.973
			2006	-.0073*	0.040
			2007	-.0055*	0.001
			2004	0.0066	0.069
		2005	2005	.0073*	0.040

5. Resultados

Zn	Tamhane	2007	2007	0.0017	0.984
			2004	.0048*	0.004
			2005	.0055*	0.001
		2004	2006	-0.0017	0.984
			2005	-0.0135	0.851
			2006	-.0888*	0.001
		2005	2007	-.0822*	0.000
			2004	0.0135	0.851
			2006	-.0753*	0.006
		2006	2007	-.0687*	0.003
			2004	.0888*	0.001
			2005	.0753*	0.006
		2007	2007	0.0066	1.000
			2004	.0822*	0.000
			2005	.0687*	0.003
As	Tamhane	2004	2006	-0.0066	1.000
			2005	0.0001	0.835
			2006	-.0008*	0.007
		2005	2007	-.0007*	0.000
			2004	0.0000	0.835
			2006	-.0009*	0.004
		2006	2007	-.0008*	0.000
			2004	.0008*	0.007
			2005	.0009*	0.004
		2007	2007	0.0001	0.991
			2004	.0007*	0.000
			2005	.0008*	0.000
		2004	2006	-0.0001	0.991
			2005	-0.0002	0.794
			2006	-.0003*	0.017
Se	Tamhane	2004	2007	-.0002*	0.000
			2004	0.0002	0.794
			2006	-0.0002	0.891
		2005	2007	0.0000	1.000
			2004	.0003*	0.017
			2005	0.0002	0.891
		2006	2007	0.0002	0.557
			2004	.0002*	0.000
			2005	0.0000	1.000
		2007	2006	-0.0002	0.557
			2005	0.0001	0.278
			2006	0.0000	0.584
Rb	DMS	2004	2007	0.0000	0.226
			2004	0.0000	0.278
			2006	-0.0001	0.214
		2005	2007	-0.0001	0.080
			2004	0.0000	0.584
			2005	0.0001	0.214
		2006	2007	0.0000	0.913

5. Resultados

Sr	DMS	2007	2004	0.0001	0.226
			2005	0.0001	0.080
			2006	0.0000	0.913
		2004	2005	0.0002	0.760
			2006	-0.0005	0.334
			2007	-.0011*	0.000
		2005	2004	-0.0002	0.760
			2006	-0.0007	0.326
			2007	-.0013*	0.020
		2006	2004	0.0005	0.334
			2005	0.0007	0.326
			2007	-0.0006	0.311
Y	Tamhane	2007	2004	.0011*	0.000
			2005	.0013*	0.020
			2006	0.0006	0.311
		2004	2005	.0001*	0.000
			2006	-.0002*	0.008
			2007	-.0001*	0.000
		2005	2004	.0000*	0.000
			2006	-.0003*	0.001
			2007	-.0002*	0.000
		2006	2004	.0002*	0.008
			2005	.0003*	0.001
			2007	0.0001	0.766
Zr	DMS	2007	2004	.0001*	0.000
			2005	.0002*	0.000
			2006	0.0000	0.766
		2004	2005	0.0017	0.092
			2006	0.0012	0.263
			2007	-0.0001	0.790
		2005	2004	-0.0017	0.092
			2006	-0.0005	0.684
			2007	-0.0018	0.067
		2006	2004	-0.0012	0.263
			2005	0.0005	0.684
			2007	-0.0013	0.207
Cd	Tamhane	2007	2004	0.0001	0.790
			2005	0.0018	0.067
			2006	0.0013	0.207
		2004	2005	0.0000	1.000
			2006	-.0003*	0.004
			2007	-.0003*	0.000
		2005	2004	0.0000	1.000
			2006	-.0003*	0.028
			2007	-.0002*	0.047
		2006	2004	.0003*	0.004
			2005	.0003*	0.028
			2007	0.0001	0.994
		2007	2004	.0003*	0.000

5. Resultados

Sn	Tamhane	2004	2005	.0002*	0.047
			2006	0.0000	0.994
			2005	.0014*	0.000
		2005	2006	-0.0006	0.687
			2007	0.0001	1.000
			2004	-.0014*	0.000
		2006	2006	-.0020*	0.001
			2007	-.0013*	0.000
			2004	0.0006	0.687
		2007	2005	.0020*	0.001
			2007	0.0007	0.471
			2004	0.0000	1.000
		2007	2005	.0013*	0.000
			2006	-0.0007	0.471
			2005	0.0000	1.000
Sb	Tamhane	2004	2006	-0.0020	0.115
			2007	-.0016*	0.023
			2005	0.0000	1.000
		2005	2006	-0.0020	0.125
			2007	-.0016*	0.033
			2004	0.0020	0.115
		2006	2005	0.0020	0.125
			2007	0.0004	0.998
			2004	.0016*	0.023
		2007	2005	.0016*	0.033
			2006	-0.0004	0.998
			2005	0.0000	0.879
		2005	2006	.0000*	0.000
			2007	.0000*	0.000
			2004	0.0000	0.879
Cs	Tamhane	2004	2006	.0000*	0.000
			2007	.0000*	0.000
			2005	0.0000	0.879
		2005	2006	.0000*	0.000
			2007	.0000*	0.000
			2004	0.0000	0.879
		2006	2005	.0000*	0.000
			2007	.0000*	0.000
			2004	.0000*	0.000
		2007	2005	.0000*	0.000
			2006	0.0000	0.992
			2004	.0000*	0.000
		2007	2005	.0000*	0.000
			2006	0.0000	0.992
			2004	0.0019	0.271
Ba	DMS	2004	2006	-.0045*	0.011
			2007	-.0058*	0.000
			2005	-0.0019	0.271
		2005	2006	-.0064*	0.005
			2007	-.0077*	0.000
			2004	.0045*	0.011
		2006	2005	.0064*	0.005
			2007	-0.0013	0.475
			2004	.0058*	0.000
		2007	2005	.0077*	0.000

5. Resultados

La	DMS	2004	2006	0.0013	0.475
			2005	.0001*	0.018
			2006	0.0000	0.259
		2005	2007	0.0000	0.963
			2004	.0000*	0.018
			2006	0.0000	0.355
		2006	2007	.0000*	0.019
			2004	0.0000	0.259
			2005	0.0000	0.355
		2007	2007	0.0000	0.270
			2004	0.0000	0.963
			2005	.0001*	0.019
		2007	2006	0.0000	0.270
			2005	0.0001	0.061
			2006	0.0000	0.629
Ce	DMS	2004	2007	0.0000	0.565
			2005	-0.0001	0.061
			2006	0.0000	0.298
		2005	2007	-.0002*	0.029
			2004	0.0000	0.629
			2005	0.0001	0.298
		2006	2007	0.0000	0.428
			2004	0.0000	0.565
			2005	.0002*	0.029
		2007	2006	0.0001	0.428
			2005	.0000*	0.000
			2006	0.0000	0.064
		2005	2007	0.0000	0.136
			2004	.0000*	0.000
			2006	0.0000	0.455
Pr	Tamhane	2004	2007	.0000*	0.000
			2004	0.0000	0.064
			2005	0.0000	0.455
		2005	2007	0.0000	0.887
			2004	0.0000	0.136
			2005	.0000*	0.000
		2006	2006	0.0000	0.887
			2005	.0001*	0.000
			2006	0.0000	0.949
		2007	2007	0.0000	1.000
			2004	.0000*	0.000
			2005	0.0000	0.193
		2005	2007	.0000*	0.000
			2004	0.0000	0.949
			2005	0.0001	0.193
Nd	Tamhane	2004	2007	0.0000	0.879
			2004	0.0000	1.000
			2005	.0001*	0.000
		2005	2006	0.0000	0.879
			2005	0.0001	0.193
			2007	0.0000	0.879
		2006	2007	0.0000	1.000
			2004	0.0000	1.000
			2005	.0001*	0.000
		2007	2006	0.0000	0.879
			2005	0.0001	0.193
			2007	0.0000	0.879
		2005	2006	0.0000	0.879
			2005	0.0001	0.193
			2007	0.0000	0.879

5. Resultados

Hf	Tamhane	2004	2005	-.0006*	0.009
			2006	0.0002	0.093
			2007	0.0001	0.426
		2005	2004	.0006*	0.009
			2006	.0008*	0.001
			2007	.0007*	0.002
		2006	2004	-0.0002	0.093
			2005	-.0008*	0.001
			2007	0.0000	0.536
		2007	2004	-0.0001	0.426
			2005	-.0007*	0.002
			2006	0.0001	0.536
Ti	Tamhane	2004	2005	-0.0003	0.927
			2006	.0000*	0.011
			2007	0.0000	0.500
		2005	2004	0.0003	0.927
			2006	0.0002	0.953
			2007	0.0002	0.938
		2006	2004	.0000*	0.011
			2005	-0.0002	0.953
			2007	0.0000	0.196
		2007	2004	0.0000	0.500
			2005	-0.0002	0.938
			2006	0.0000	0.196
Pb	Tamhane	2004	2005	-0.0019	0.956
			2006	-0.0135	0.101
			2007	-.0073*	0.000
		2005	2004	0.0019	0.956
			2006	-0.0116	0.251
			2007	-0.0054	0.261
		2006	2004	0.0135	0.101
			2005	0.0116	0.251
			2007	0.0062	0.814
		2007	2004	.0073*	0.000
			2005	0.0054	0.261
			2006	-0.0062	0.814
Th	Tamhane	2004	2005	.0000*	0.000
			2006	.0000*	0.001
			2007	0.0000	0.814
		2005	2004	.0000*	0.000
			2006	0.0000	0.381
			2007	.0000*	0.000
		2006	2004	.0000*	0.001
			2005	0.0000	0.381
			2007	.0000*	0.021
		2007	2004	0.0000	0.814
			2005	.0000*	0.000
			2006	.0000*	0.021
U	Tamhane	2004	2005	.0000*	0.000

5. Resultados

Mo	Tamhane	2004	2006	-.0001*	0.000
			2007	.0000*	0.000
		2005	2004	.0000*	0.000
			2006	-.0001*	0.000
		2006	2007	-.0001*	0.000
			2004	.0001*	0.000
			2005	.0001*	0.000
		2007	2007	0.0000	0.419
			2004	.0001*	0.000
			2005	.0001*	0.000
		2004	2006	0.0000	0.419
			2005	0.0003	0.969
			2006	.0009*	0.006
		2005	2007	.0009*	0.005
			2004	-0.0003	0.969
			2006	0.0006	0.081
		2006	2007	0.0006	0.079
			2004	-.0009*	0.006
			2005	-0.0006	0.081
		2007	2007	0.0000	0.914
			2004	-.0009*	0.005
			2005	-0.0006	0.079
		2006	2006	0.0000	0.914

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

f) Test de Levene y prueba ANOVA para el factor estación de muestreo de todos los datos de PM_{2.5} conjuntamente.

Levene, factor:Est. muestreo					ANOVA, factor:Est. muestreo		
Variable	Estadístico	gl1	gl2	Sig.	Variable		Sig.
PM _{2.5}	0.114	1	297	0.736	PM _{2.5}	Inter-grupos	0.807
PM _{2.5} M	0.097	1	191	0.756	PM _{2.5} M	Inter-grupos	0.987
OM+EC	0.803	1	144	0.372	OM+EC	Inter-grupos	0.000
Al ₂ O ₃	1.159	1	191	0.283	Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.010
Ca	2.856	1	191	0.093	Ca	Inter-grupos	0.001
K	0.45	1	191	0.503	K	Inter-grupos	0.135
Na	44.549	1	191	0.000	Na	Inter-grupos	0.000
Mg	22.447	1	191	0.000	Mg	Inter-grupos	0.203
Fe	0.826	1	191	0.365	Fe	Inter-grupos	0.000
SO ₄ ²⁻	4.504	1	191	0.035	SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.001
NO ₃ ⁻	0.052	1	144	0.820	NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.523
Cl ⁻	15.938	1	144	0.000	Cl ⁻	Inter-grupos	0.000
NH ₄ ⁺	2.071	1	144	0.152	NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.902
Li	8.139	1	191	0.005	Li	Inter-grupos	0.368
P	1.572	1	191	0.212	P	Inter-grupos	0.000
Ti	1.136	1	191	0.288	Ti	Inter-grupos	0.156
V	17.195	1	191	0.000	V	Inter-grupos	0.000
Cr	2.022	1	191	0.157	Cr	Inter-grupos	0.920
Mn	6.739	1	191	0.010	Mn	Inter-grupos	0.000
Co	7.025	1	191	0.009	Co	Inter-grupos	0.250

5. Resultados

Ni	2.933	1	191	0.088	Ni	Inter-grupos	0.070
Cu	14.014	1	191	0.000	Cu	Inter-grupos	0.000
Zn	30.01	1	191	0.000	Zn	Inter-grupos	0.000
As	58.857	1	191	0.000	As	Inter-grupos	0.000
Se	2.757	1	191	0.098	Se	Inter-grupos	0.000
Rb	0.648	1	191	0.422	Rb	Inter-grupos	0.108
Sr	0.548	1	191	0.460	Sr	Inter-grupos	0.000
Y	47.664	1	191	0.000	Y	Inter-grupos	0.000
Zr	0.131	1	191	0.717	Zr	Inter-grupos	0.676
Cd	22.799	1	191	0.000	Cd	Inter-grupos	0.000
Sn	31.432	1	191	0.000	Sn	Inter-grupos	0.258
Sb	15.644	1	191	0.000	Sb	Inter-grupos	0.000
Cs	5.726	1	191	0.018	Cs	Inter-grupos	0.000
Ba	2.312	1	191	0.130	Ba	Inter-grupos	0.000
La	0.044	1	191	0.833	La	Inter-grupos	0.741
Ce	1.603	1	191	0.207	Ce	Inter-grupos	0.345
Pr	30.358	1	191	0.000	Pr	Inter-grupos	0.064
Nd	0.017	1	191	0.896	Nd	Inter-grupos	0.496
Hf	105.237	1	191	0.000	Hf	Inter-grupos	0.001
Tl	2.722	1	191	0.101	Tl	Inter-grupos	0.513
Pb	28.552	1	191	0.000	Pb	Inter-grupos	0.000
Th	6.754	1	191	0.010	Th	Inter-grupos	0.381
U	0.053	1	191	0.818	U	Inter-grupos	0.000
Mo	33.497	1	191	0.000	Mo	Inter-grupos	0.000

g) Test de Levene, prueba ANOVA y Pruebas Post Hoc segmentando por estación de muestreo para el factor año de los datos de PM_{2.5}.

Levene, segmentando por estación de muestreo, factor: año

Est. muestreo	Variable	Estadístico	gl1	gl2	Sig.
2	PM _{2.5}	1.91	2	198	0.151
	PM _{2.5} M	1.636	1	93	0.204
	OM+EC	0.122	1	46	0.729
	Al ₂ O ₃	0.783	1	93	0.378
	Ca	0.635	1	93	0.427
	Ca _{sol}	0	1	46	0.992
	K	0.776	1	93	0.381
	K _{sol}	4.012	1	46	0.051
	Na	12.337	1	93	0.001
	Na _{sol}	3.761	1	46	0.059
	Mg	1.648	1	93	0.202
	Mg _{sol}	0.038	1	46	0.847
	Fe	0.024	1	93	0.877
	SO ₄ ²⁻	7.738	1	93	0.007
	NO ₃ ⁻	1.343	1	46	0.253
	Cl ⁻	1.7	1	46	0.199
	F ⁻	0.407	1	46	0.527
	NH ₄ ⁺	3.779	1	46	0.058
	Li	2.364	1	93	0.128
	P	1	1	93	0.320
	Ti	1.326	1	93	0.253
	V	8.096	1	93	0.005
	Cr	0.153	1	93	0.697

ANOVA segmentando por estación de muestreo, factor: año

Est. muestreo	Variable	Sig.
2	PM _{2.5}	0.001
	PM _{2.5} M	0.314
	OM+EC	0.084
	Al ₂ O ₃	0.670
	Ca	0.982
	Ca _{sol}	0.524
	K	0.239
	K _{sol}	0.120
	Na	0.003
	Na _{sol}	0.076
	Mg	0.193
	Mg _{sol}	0.129
	Fe	0.700
	SO ₄ ²⁻	0.000
	NO ₃ ⁻	0.816
	Cl ⁻	0.194
	F ⁻	0.000
	NH ₄ ⁺	0.001
	Li	0.163
	P	0.104
	Ti	0.421
	V	0.011
	Cr	0.896

5. Resultados

3	Mn	0.079	1	93	0.780	Mn	Inter-grupos	0.950
	Co	2.879	1	93	0.093	Co	Inter-grupos	0.052
	Ni	7.83	1	93	0.006	Ni	Inter-grupos	0.009
	Cu	0	1	93	0.986	Cu	Inter-grupos	0.582
	Zn	0.174	1	93	0.678	Zn	Inter-grupos	0.852
	As	0.065	1	93	0.799	As	Inter-grupos	0.596
	Se	2.486	1	93	0.118	Se	Inter-grupos	0.048
	Rb	0.679	1	93	0.412	Rb	Inter-grupos	0.905
	Sr	0.743	1	93	0.391	Sr	Inter-grupos	0.406
	Y	3.281	1	93	0.073	Y	Inter-grupos	0.146
	Zr	0.967	1	93	0.328	Zr	Inter-grupos	0.181
	Cd	1.62	1	93	0.206	Cd	Inter-grupos	0.719
	Sn	6.363	1	93	0.013	Sn	Inter-grupos	0.019
	Sb	0.032	1	93	0.859	Sb	Inter-grupos	0.751
	Cs	1.045	1	93	0.309	Cs	Inter-grupos	0.743
	Ba	4.679	1	93	0.033	Ba	Inter-grupos	0.455
	La	0.596	1	93	0.442	La	Inter-grupos	0.225
	Ce	0.274	1	93	0.602	Ce	Inter-grupos	0.415
	Pr	0.866	1	93	0.355	Pr	Inter-grupos	0.383
	Nd	1.004	1	93	0.319	Nd	Inter-grupos	0.393
	Hf	1.548	1	93	0.217	Hf	Inter-grupos	0.054
	Tl	2.663	1	93	0.106	Tl	Inter-grupos	0.116
	Pb	0.506	1	93	0.479	Pb	Inter-grupos	0.109
	Th	5.603	1	93	0.020	Th	Inter-grupos	0.087
	U	1.317	1	93	0.254	U	Inter-grupos	0.049
	Mo	28.634	1	93	0.000	Mo	Inter-grupos	0.015
	PM _{2.5}	1.414	1	96	0.237	PM _{2.5}	Inter-grupos	0.842
	PM _{2.5} M	1.414	1	96	0.237	PM _{2.5} M	Inter-grupos	0.842
	OM+EC	1.985	1	96	0.162	OM+EC	Inter-grupos	0.000
	Al ₂ O ₃	5.018	1	96	0.027	Al ₂ O ₃	Inter-grupos	0.056
	Ca	0.169	1	96	0.682	Ca	Inter-grupos	0.483
	K	1.116	1	96	0.293	K	Inter-grupos	0.193
	Na	4.06	1	96	0.047	Na	Inter-grupos	0.120
	Mg	27.353	1	96	0.000	Mg	Inter-grupos	0.010
	Fe	4.947	1	96	0.028	Fe	Inter-grupos	0.179
	SO ₄ ²⁻	5.226	1	96	0.024	SO ₄ ²⁻	Inter-grupos	0.014
	NO ₃ ⁻	0.487	1	96	0.487	NO ₃ ⁻	Inter-grupos	0.215
	Cl ⁻	0.357	1	96	0.552	Cl ⁻	Inter-grupos	0.500
	NH ₄ ⁺	0.288	1	96	0.593	NH ₄ ⁺	Inter-grupos	0.615
	Li	2.669	1	96	0.106	Li	Inter-grupos	0.195
	P	4.387	1	96	0.039	P	Inter-grupos	0.542
	Ti	2.053	1	96	0.155	Ti	Inter-grupos	0.273
	V	9.478	1	96	0.003	V	Inter-grupos	0.011
	Cr	23.539	1	96	0.000	Cr	Inter-grupos	0.094
	Mn	5.897	1	96	0.017	Mn	Inter-grupos	0.244
	Co	4.636	1	96	0.034	Co	Inter-grupos	0.385
	Ni	2.391	1	96	0.125	Ni	Inter-grupos	0.249
	Cu	0.323	1	96	0.571	Cu	Inter-grupos	0.617
	Zn	20.588	1	96	0.000	Zn	Inter-grupos	0.009
	As	0.027	1	96	0.871	As	Inter-grupos	0.197
	Se	7.46	1	96	0.008	Se	Inter-grupos	0.069
	Rb	5.867	1	96	0.017	Rb	Inter-grupos	0.314
	Sr	0.561	1	96	0.456	Sr	Inter-grupos	0.676
	Y	10	1	96	0.002	Y	Inter-grupos	0.026
	Zr	0.867	1	96	0.354	Zr	Inter-grupos	0.112
	Cd	0.56	1	96	0.456	Cd	Inter-grupos	0.794
	Sn	33.306	1	96	0.000	Sn	Inter-grupos	0.004
	Sb	0.859	1	96	0.356	Sb	Inter-grupos	0.921
	Cs	4.329	1	96	0.040	Cs	Inter-grupos	0.637

5. Resultados

Ba	1.279	1	96	0.261	Ba	Inter-grupos	0.293
La	4.892	1	96	0.029	La	Inter-grupos	0.030
Ce	2.92	1	96	0.091	Ce	Inter-grupos	0.070
Pr	27.874	1	96	0.000	Pr	Inter-grupos	0.013
Nd	6.839	1	96	0.010	Nd	Inter-grupos	0.031
Hf	0.375	1	96	0.542	Hf	Inter-grupos	0.000
Ti	23.156	1	96	0.000	Ti	Inter-grupos	0.023
Pb	11.129	1	96	0.001	Pb	Inter-grupos	0.152
Th	23.755	1	96	0.000	Th	Inter-grupos	0.005
U	10.55	1	96	0.002	U	Inter-grupos	0.063
Mo	0.884	1	96	0.350	Mo	Inter-grupos	0.668

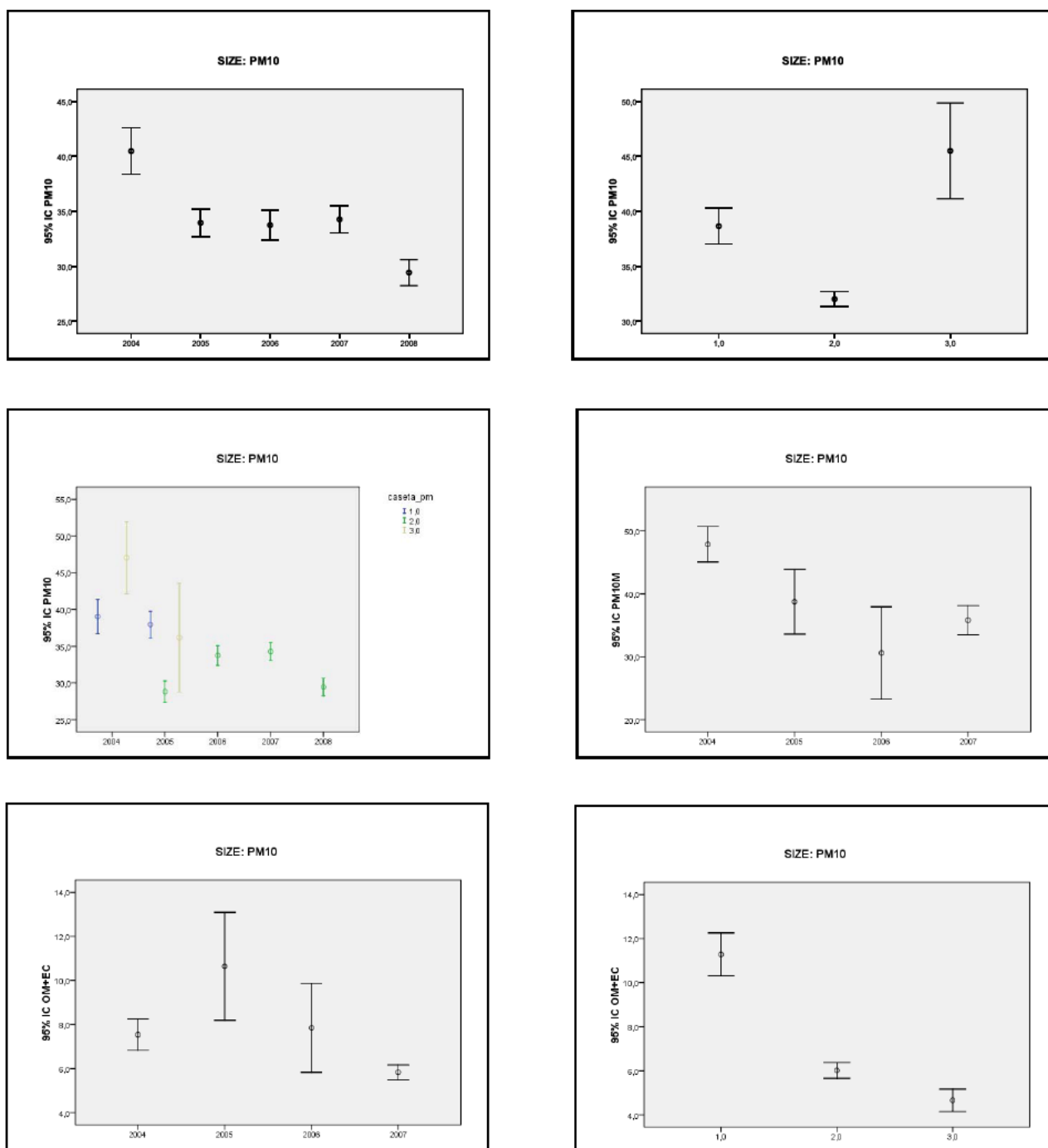
segmentando por
estación de muestreo

	Variable dependiente	Prueba	(I) year	(J) year	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
2	PM _{2.5}	DMS	2006	2007	2.6327*	0.048
				2008	6.0091*	0.000
			2007	2006	-2.6327*	0.048
				2008	3.3763*	0.022
			2008	2006	-6.0091*	0.000
				2007	-3.3763*	0.022

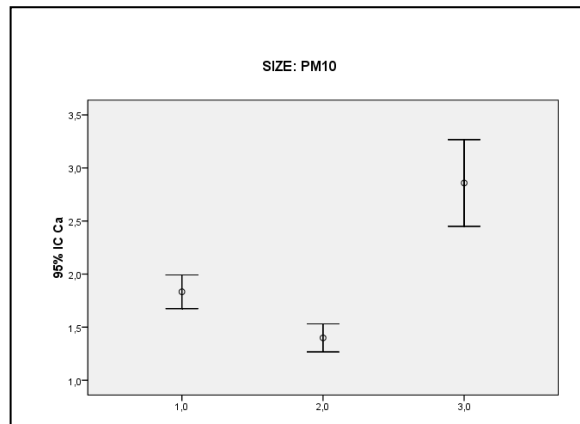
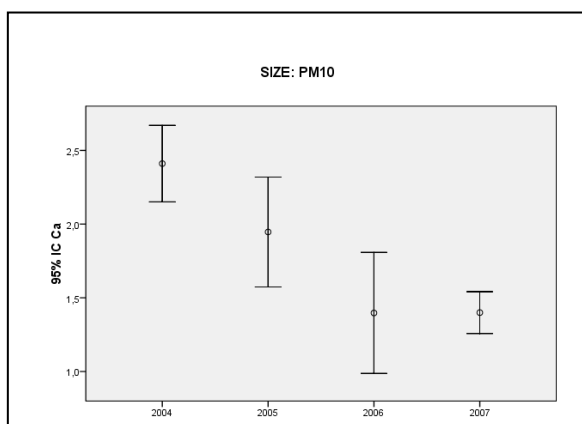
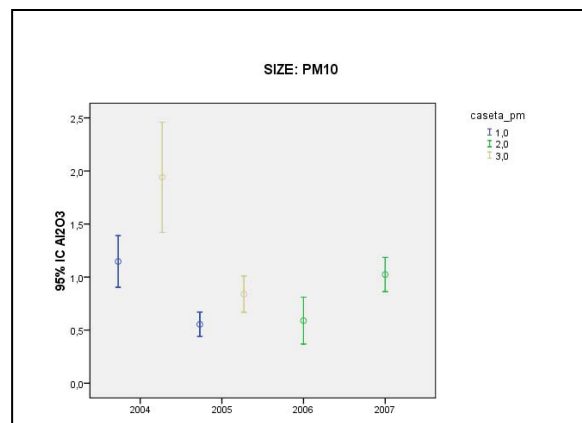
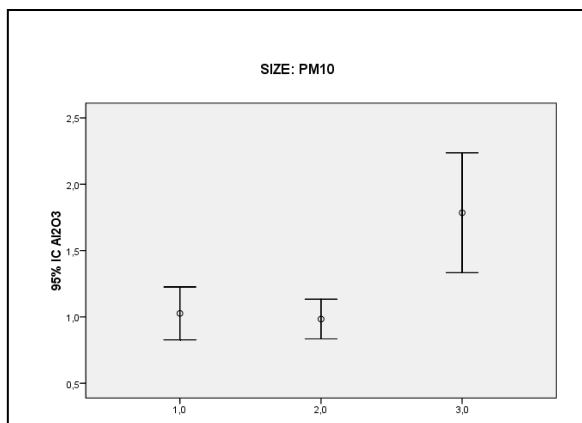
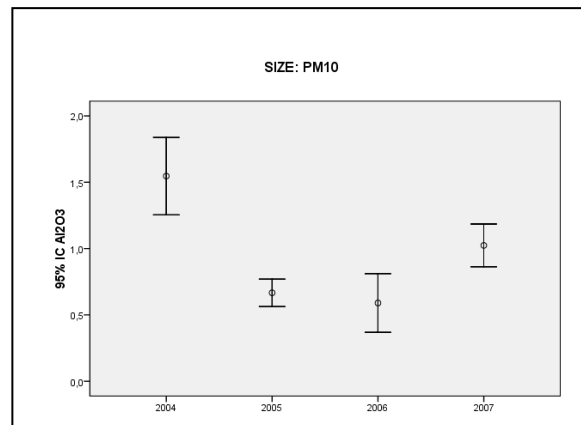
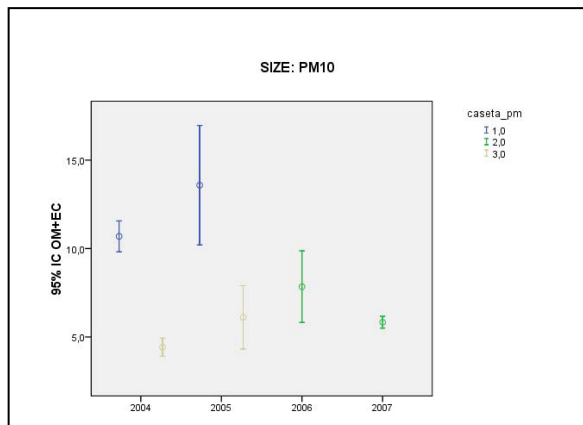
*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

5. Resultados

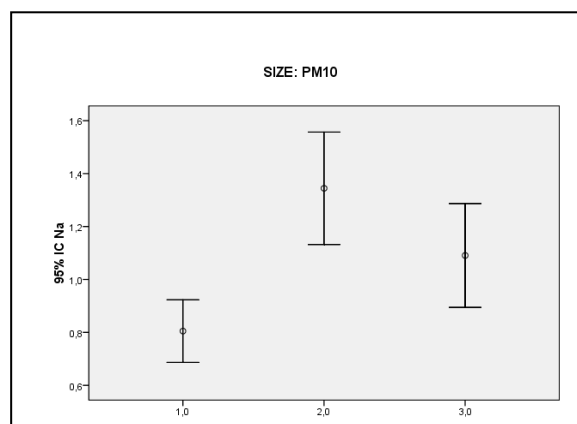
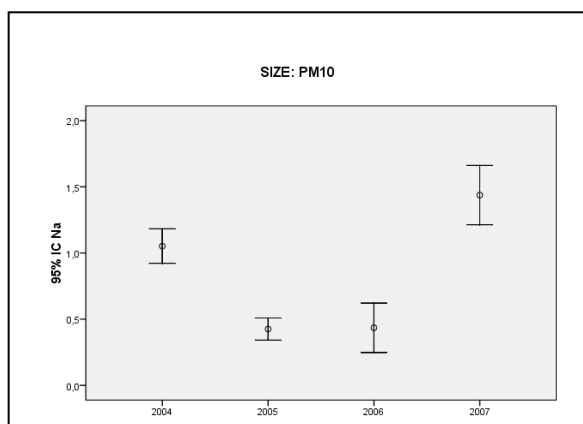
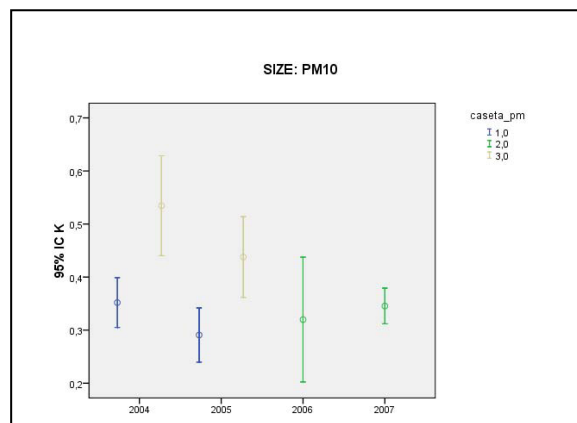
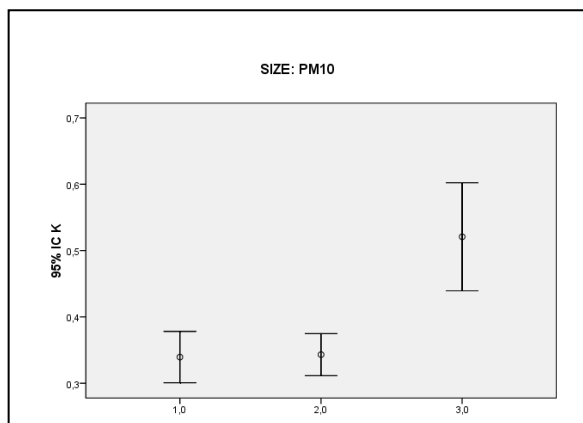
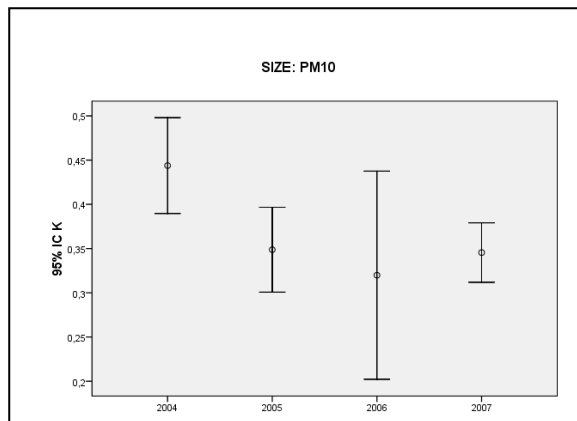
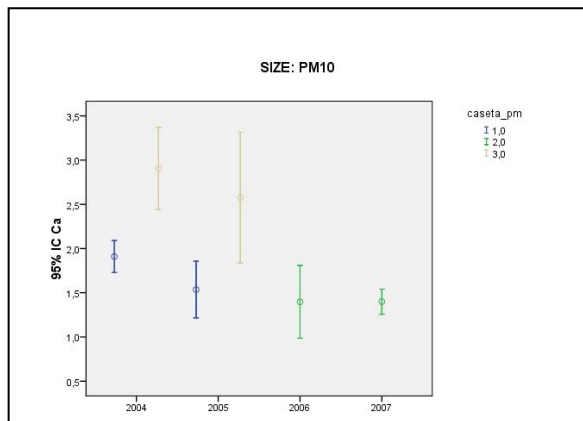
Figura 5.2. Gráficos de barras de error para la media con el intervalo de confianza al 95% para PM_{10} y $PM_{2.5}$ de las variables con diferencias estadísticas significativas al p-valor de 0.05 segmentando por los factores año, caseta y ambos simultáneamente. Si el gráfico se pudiera replicar para alguno de estos supuestos (ver cuándo así puede ocurrir en los datos de la Tabla 4.1) no se repite. Primero aparecen los gráficos de la fracción PM_{10} titulados como “SIZE: PM_{10} ” y posteriormente los de la fracción $PM_{2.5}$ titulados como “SIZE: $PM_{2.5}$ ”. El código de casetas se corresponde con: 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana. Detalles de otras particularidades de las variables se presentan en el apartado 4.2.1. Muestreos en discontinuo de partículas en Cartagena.



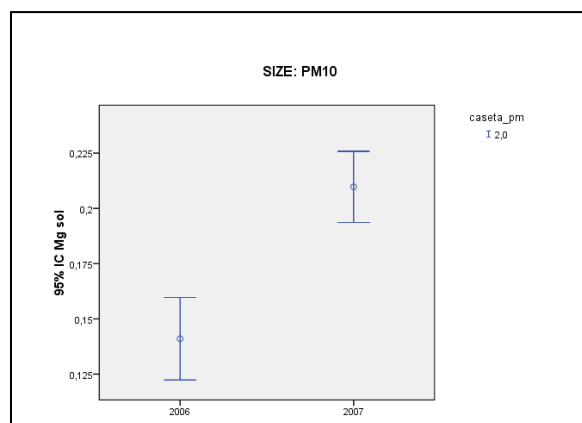
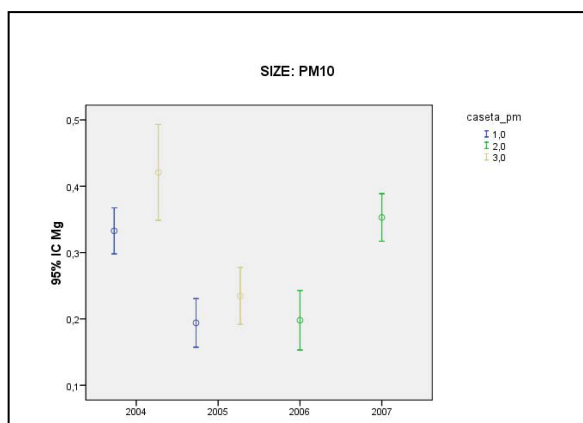
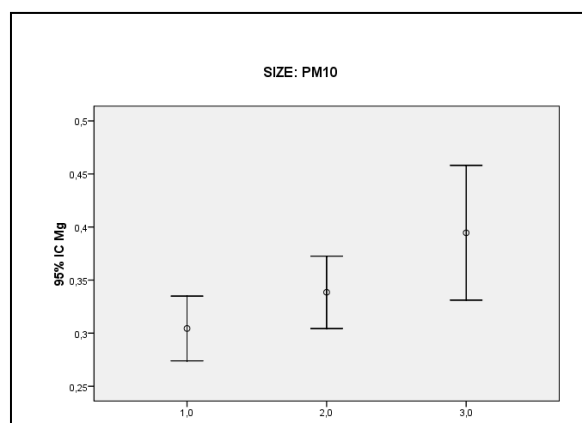
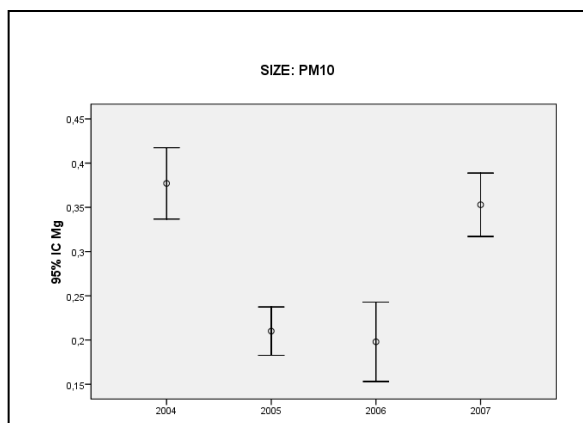
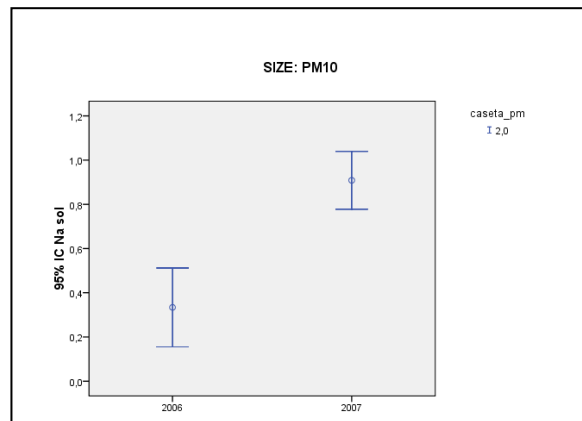
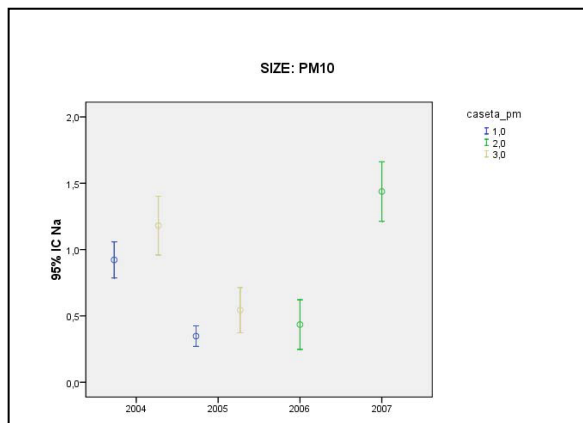
5. Resultados



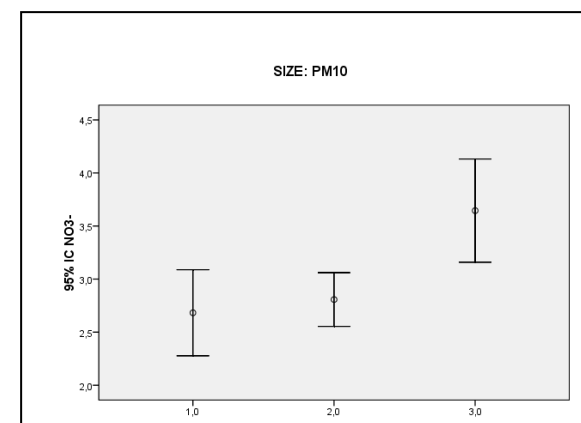
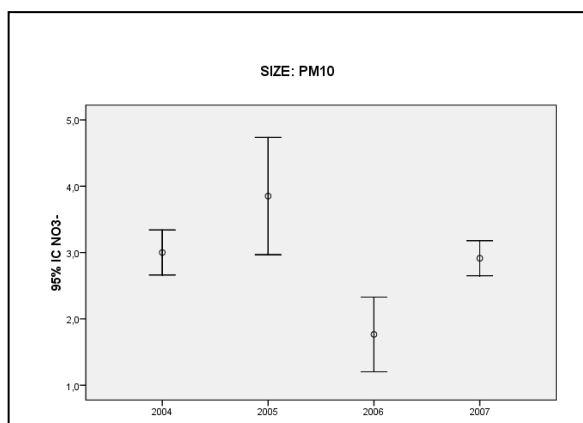
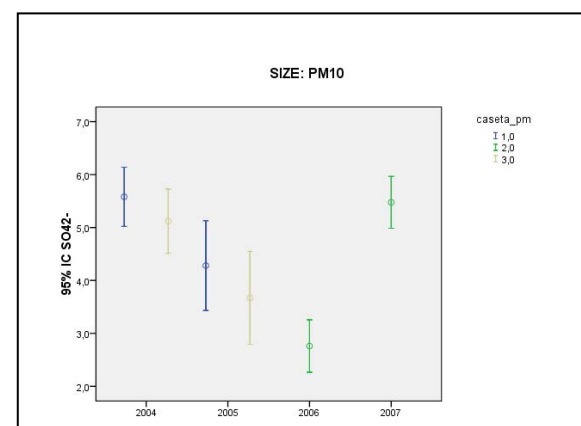
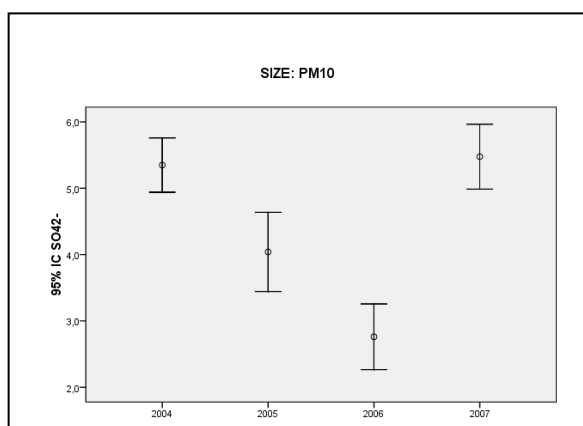
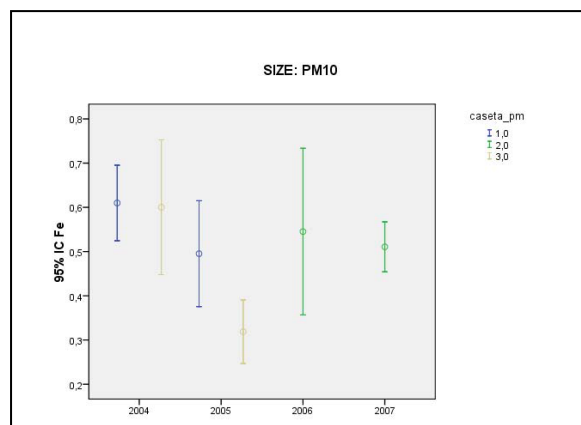
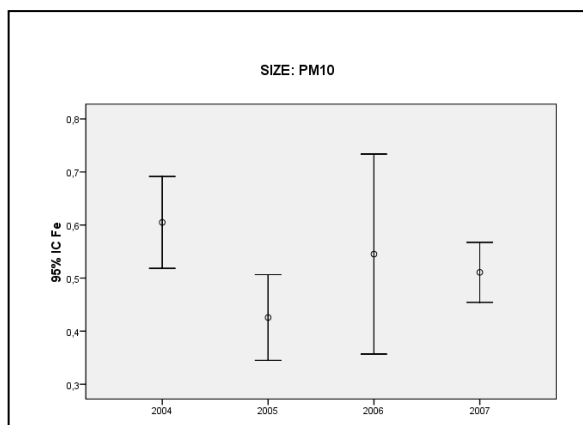
5. Resultados



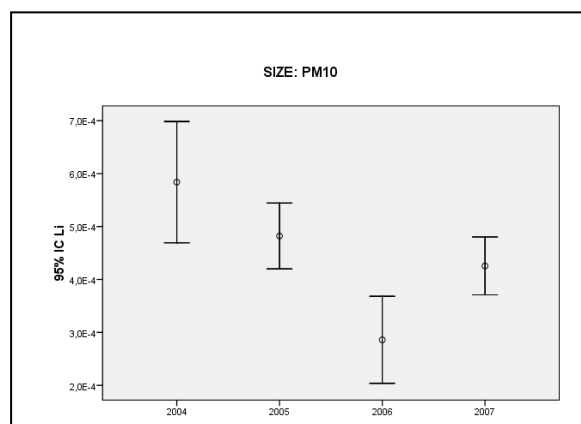
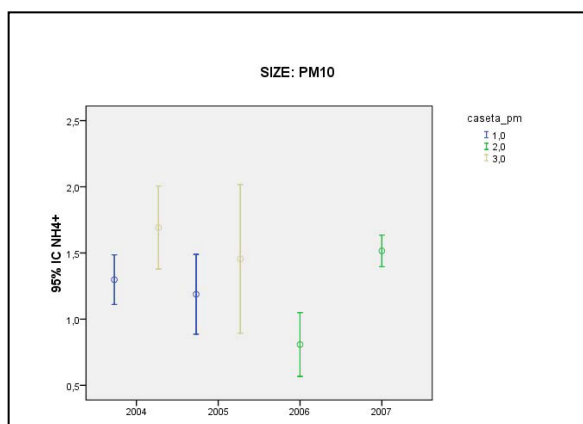
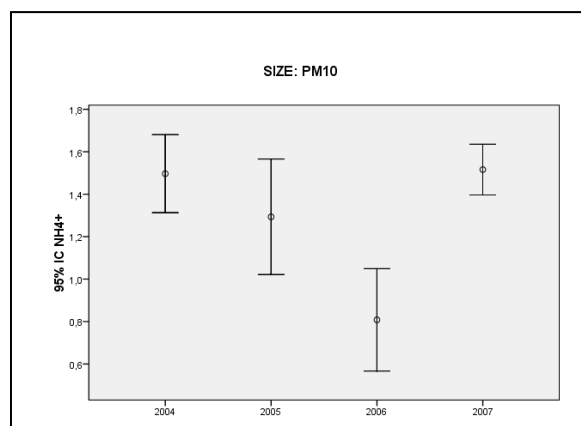
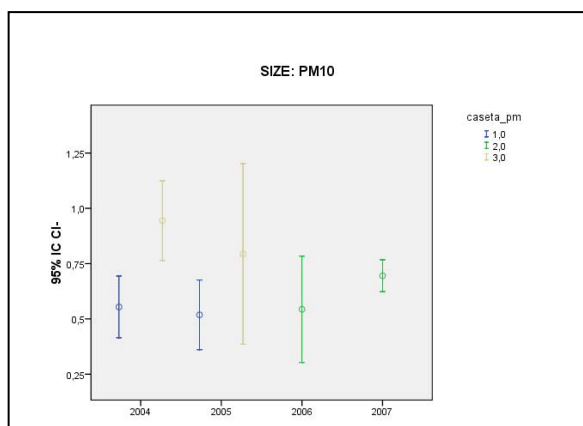
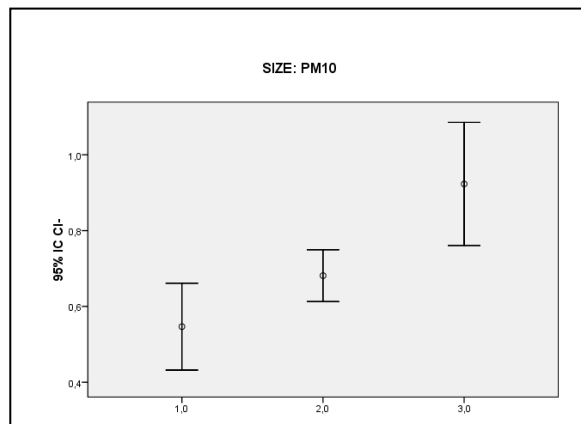
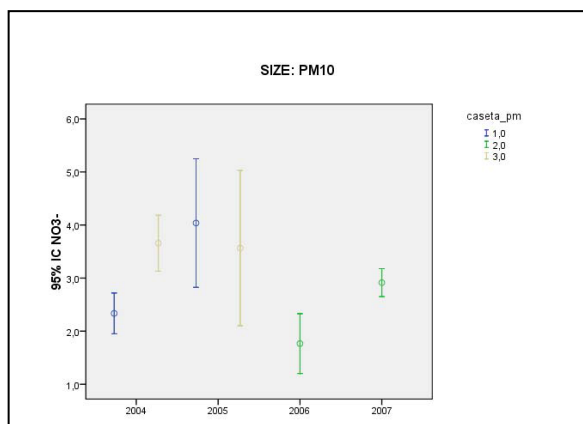
5. Resultados



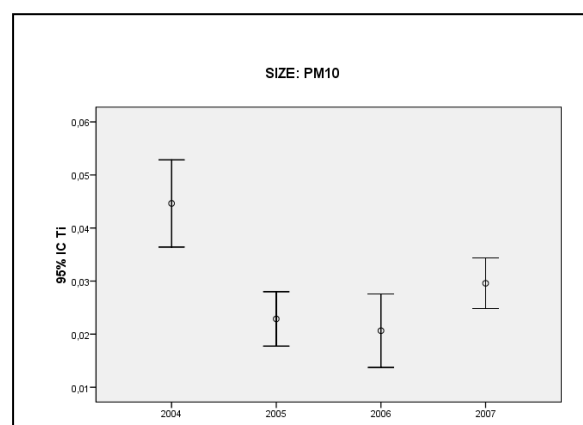
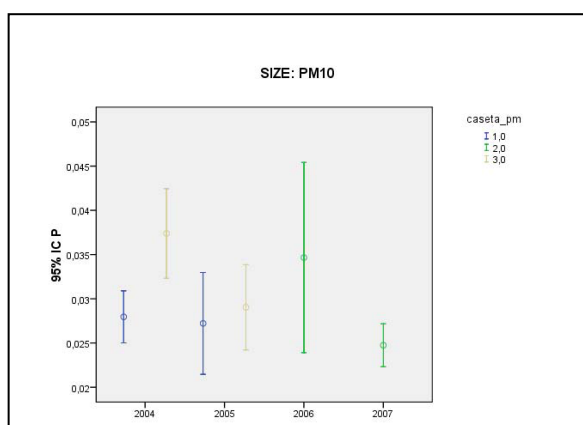
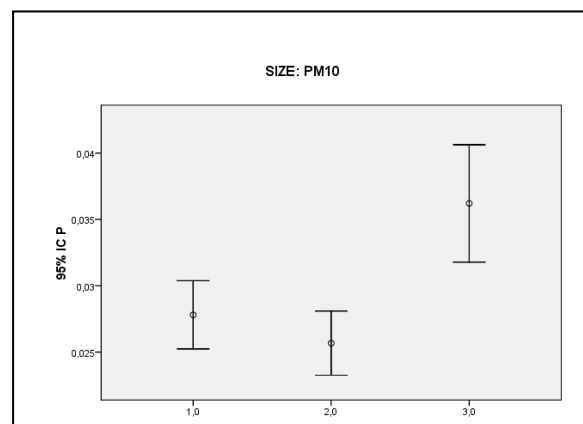
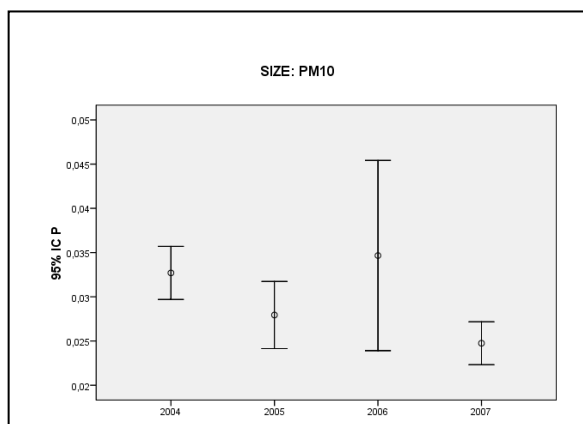
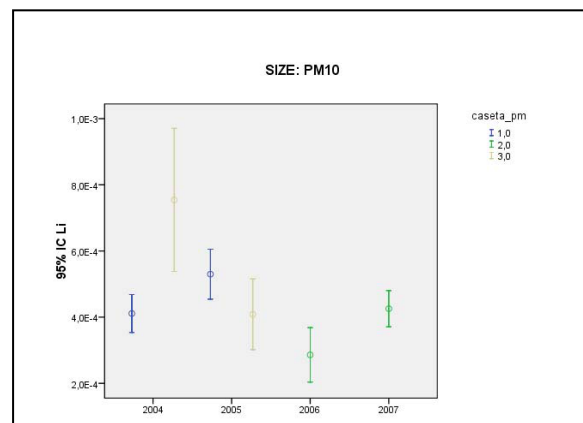
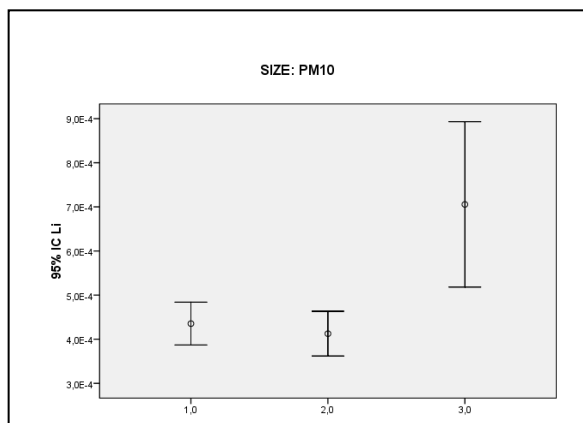
5. Resultados



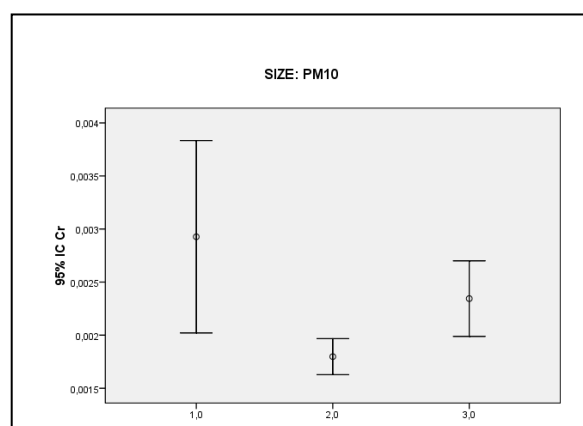
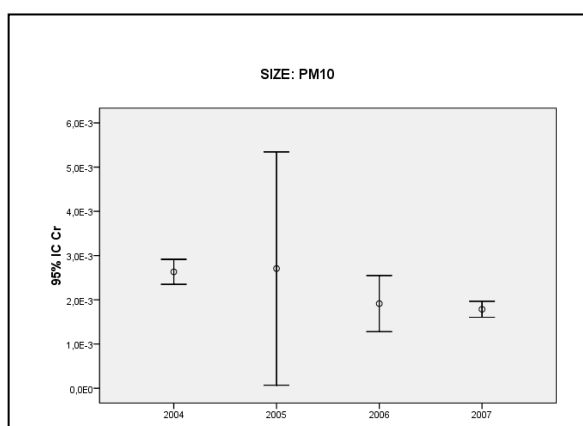
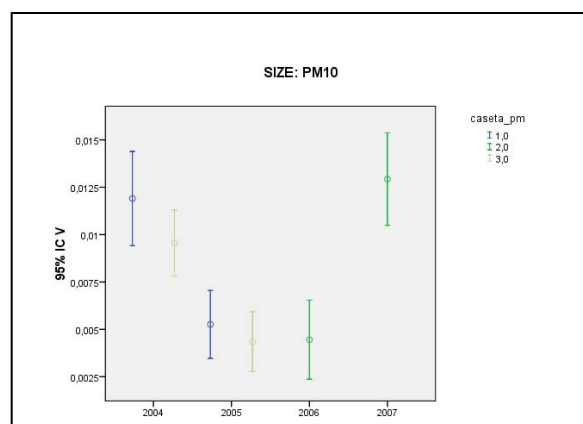
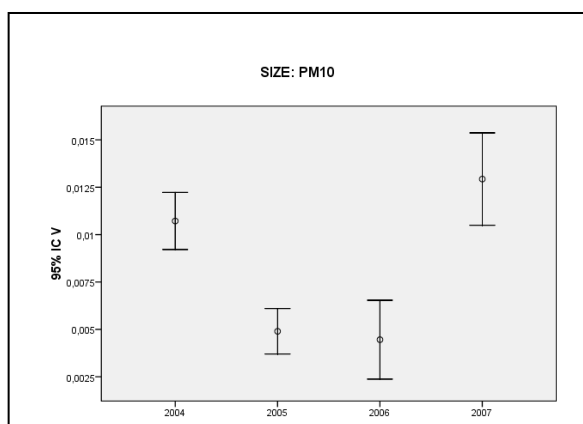
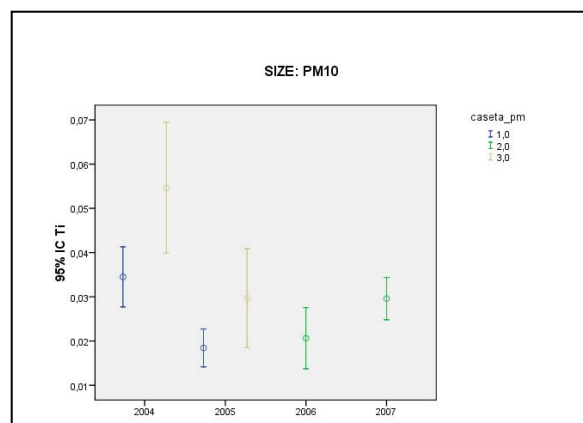
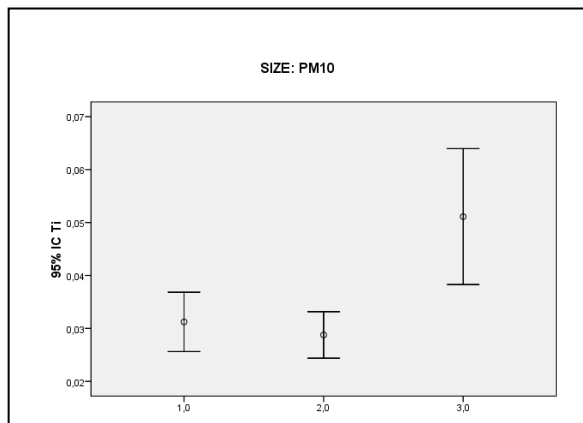
5. Resultados



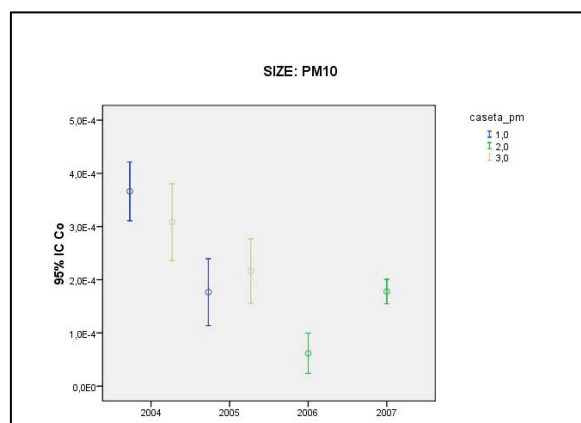
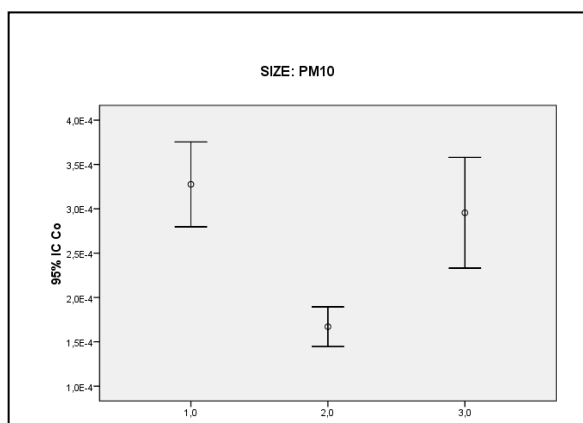
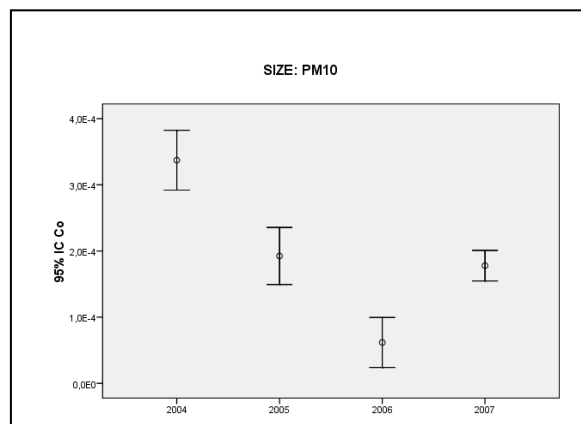
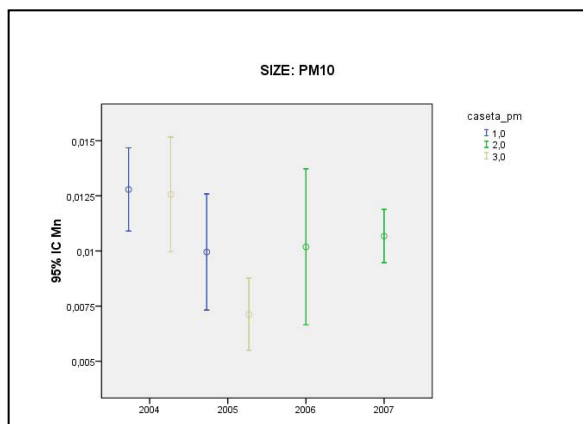
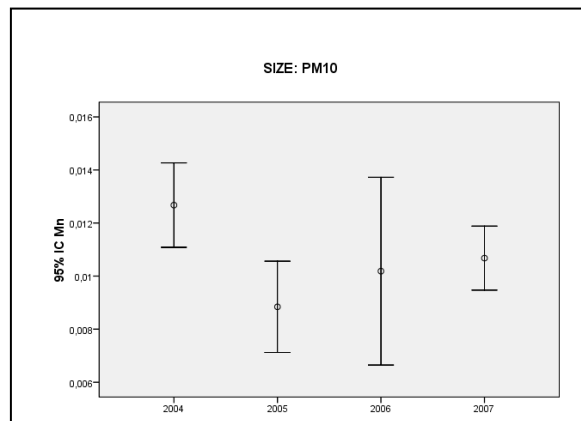
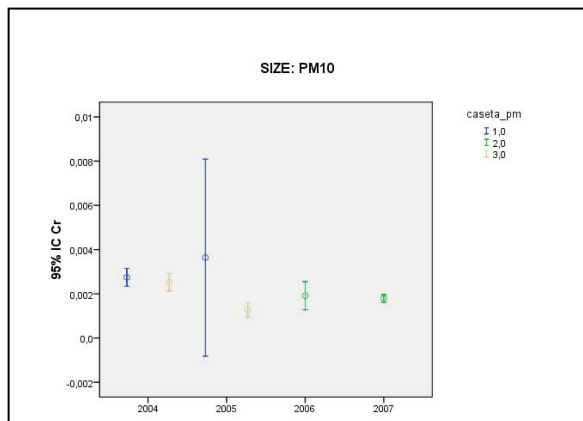
5. Resultados



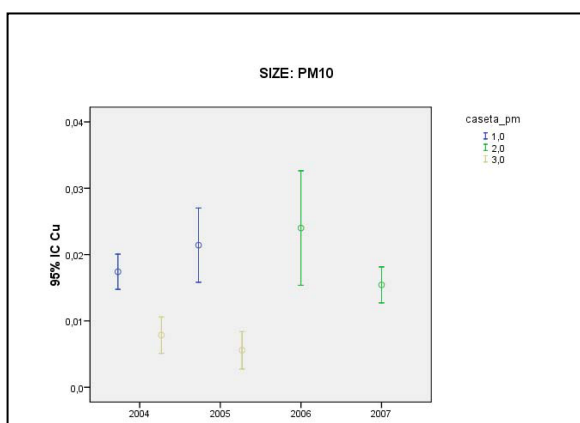
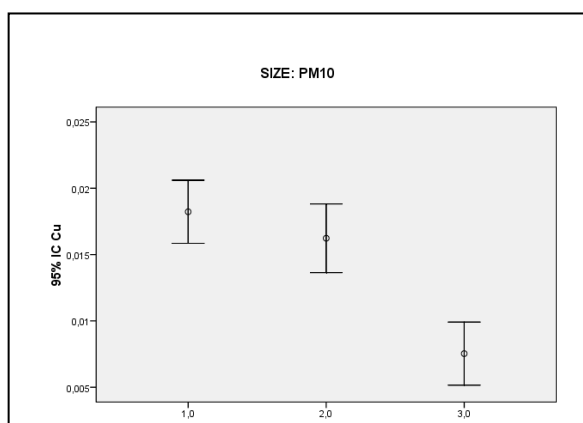
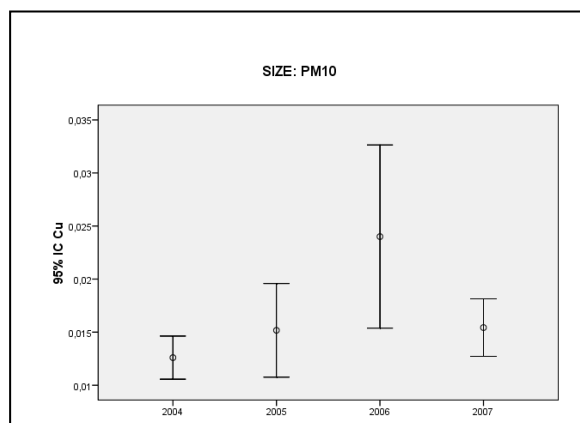
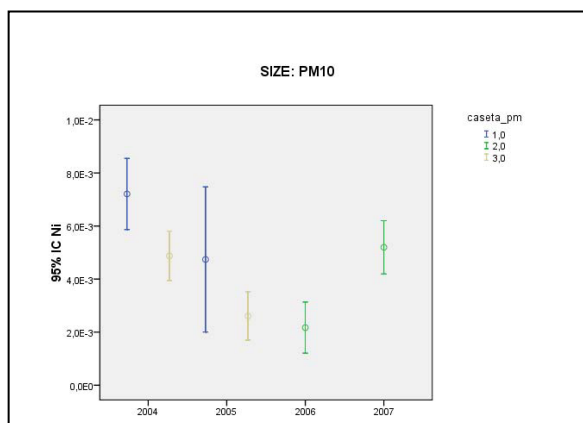
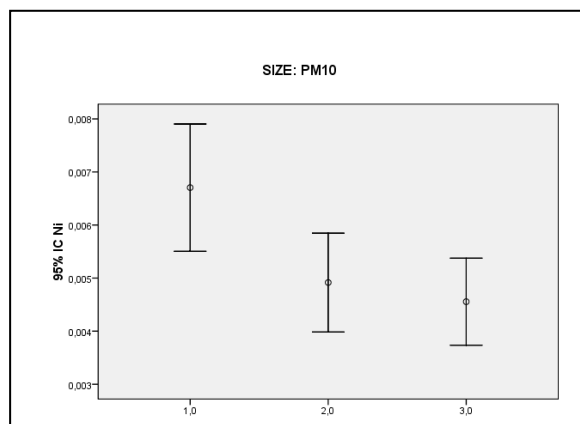
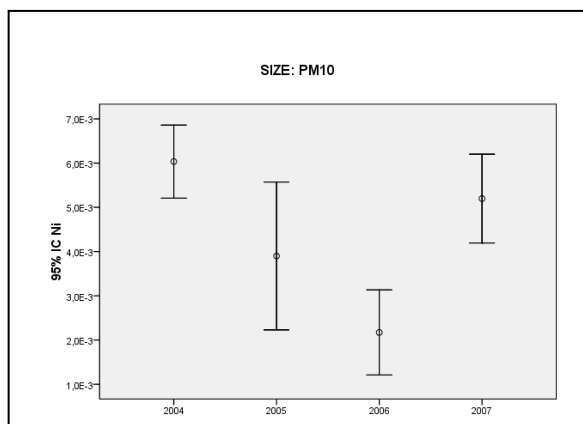
5. Resultados



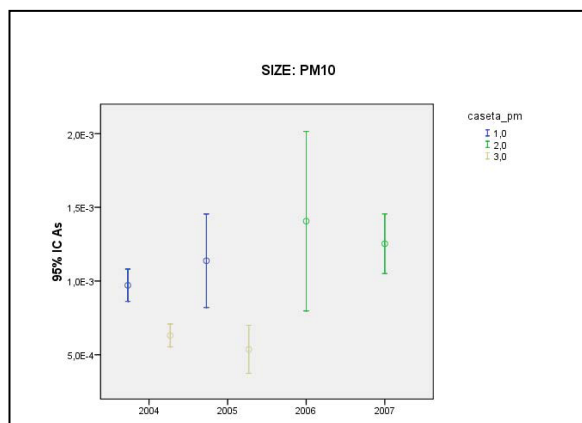
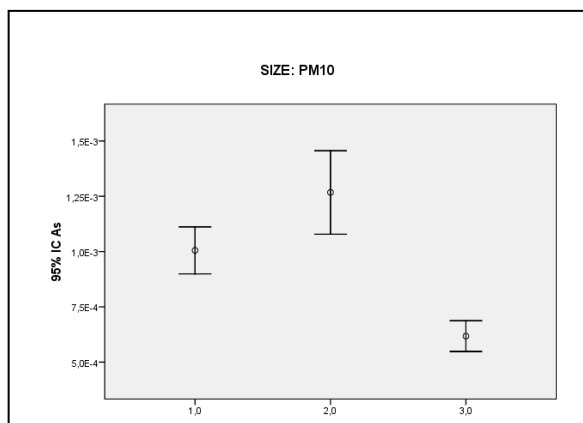
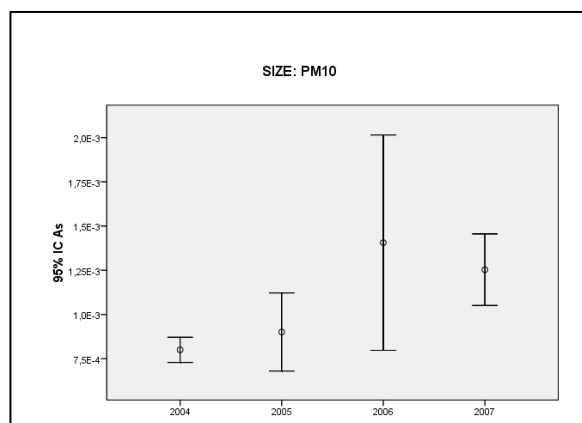
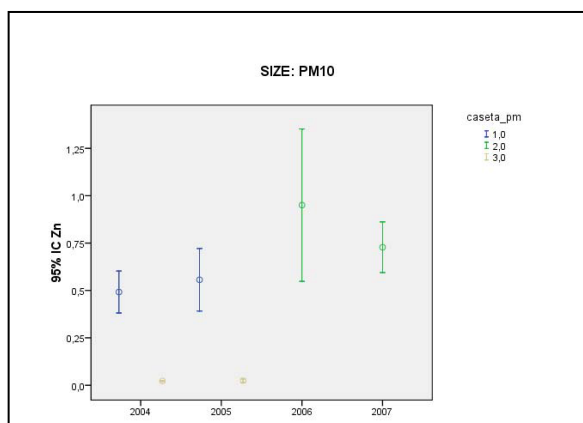
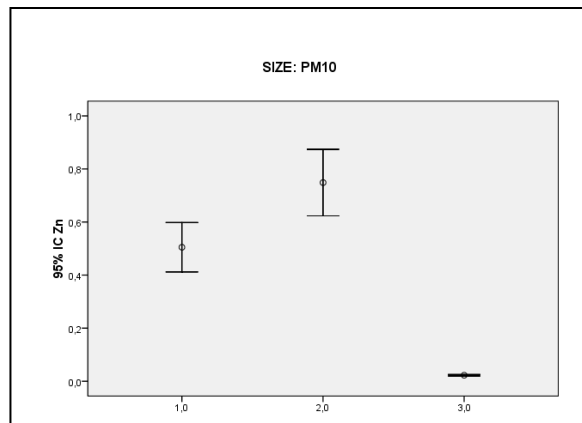
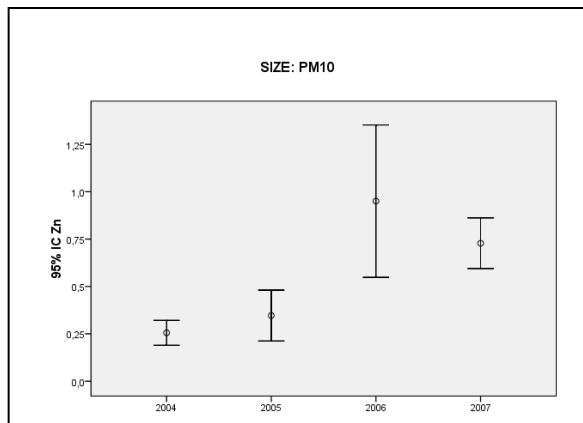
5. Resultados



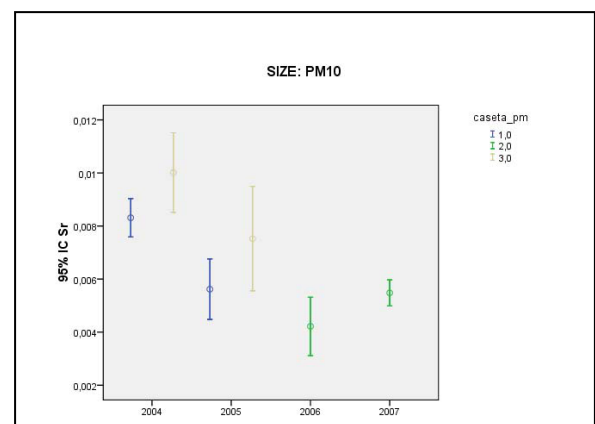
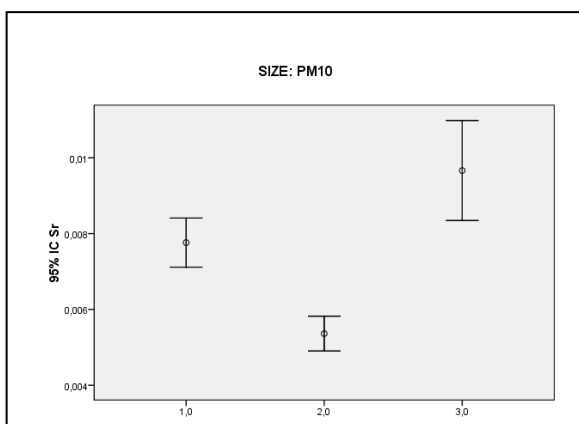
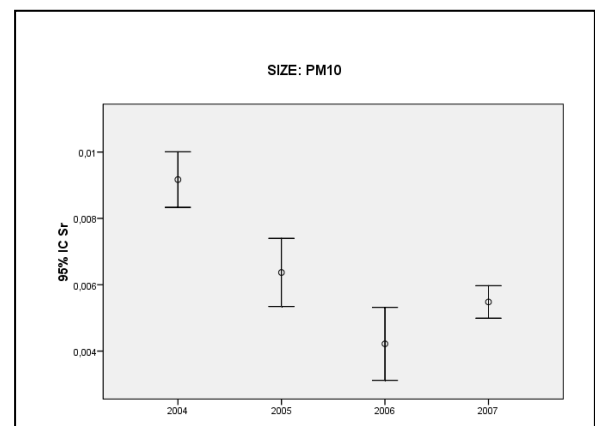
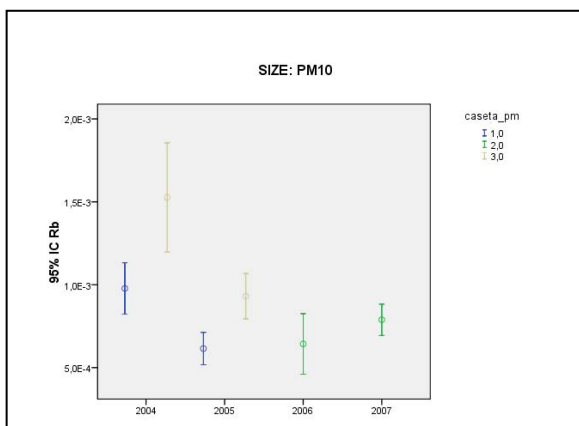
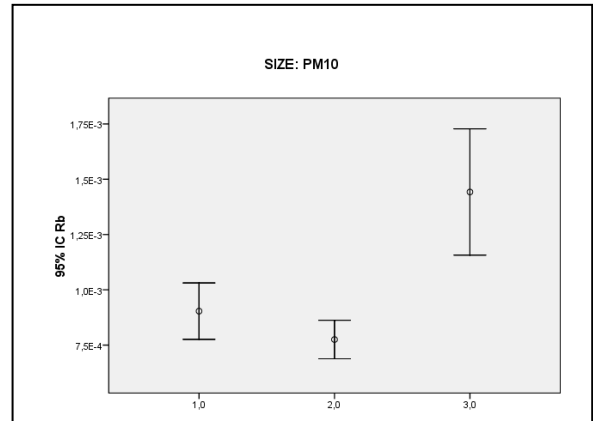
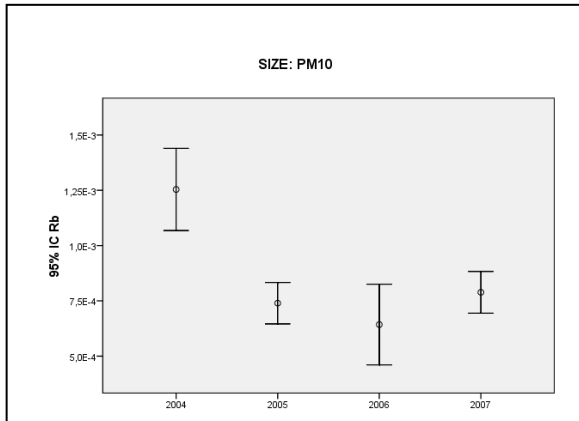
5. Resultados



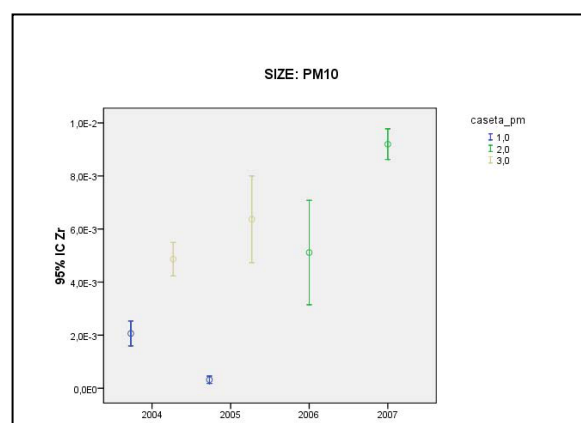
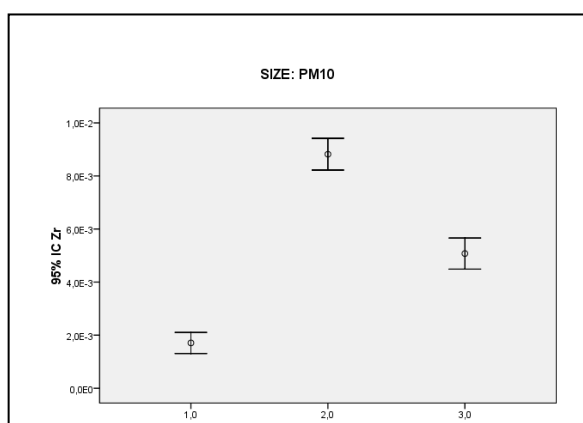
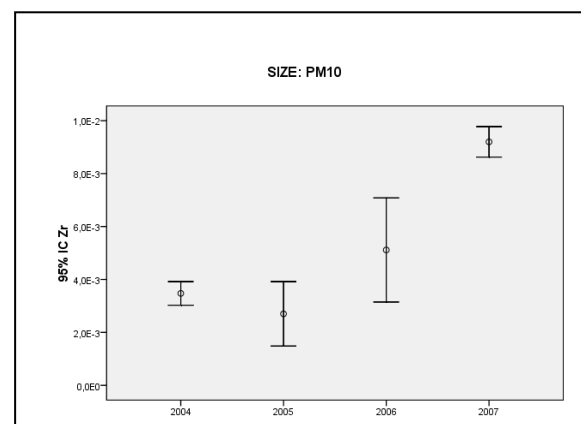
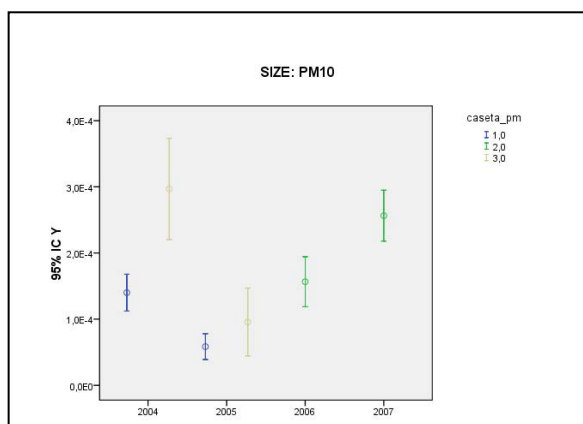
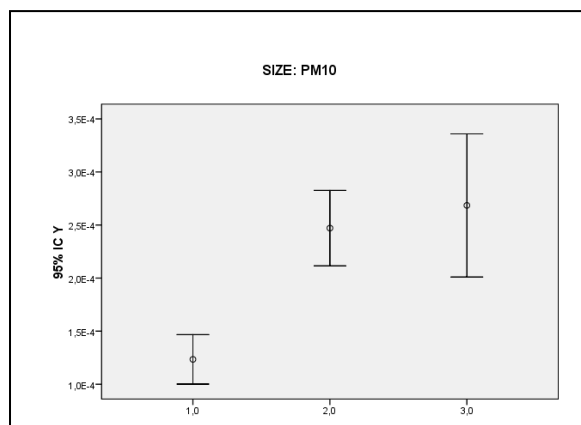
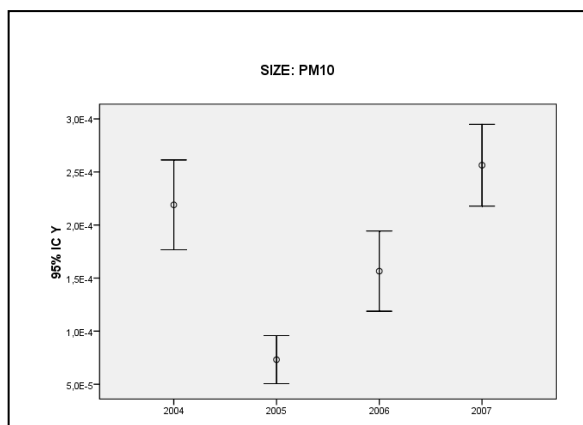
5. Resultados



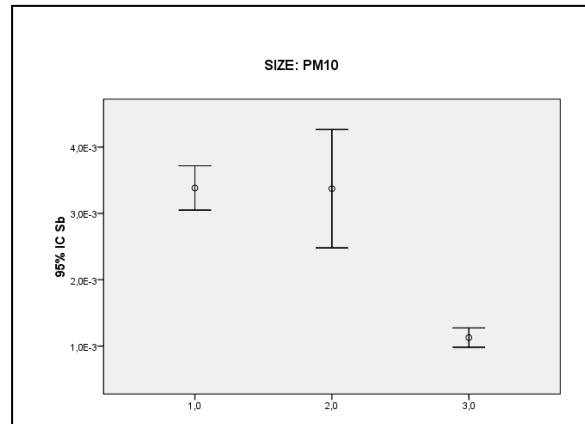
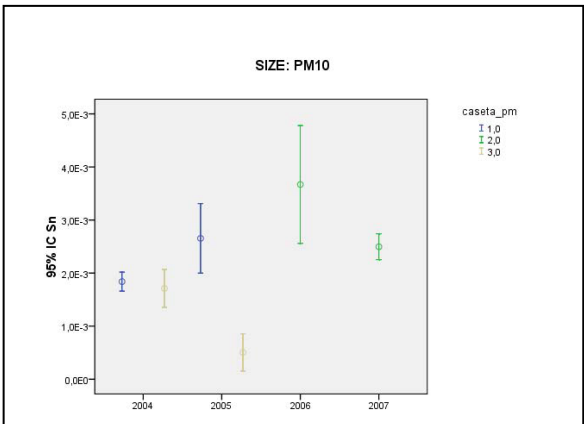
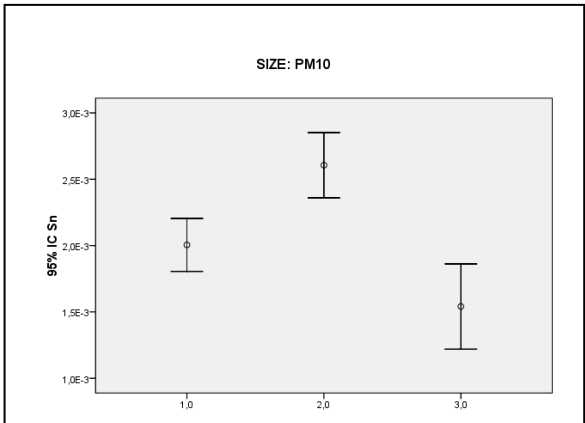
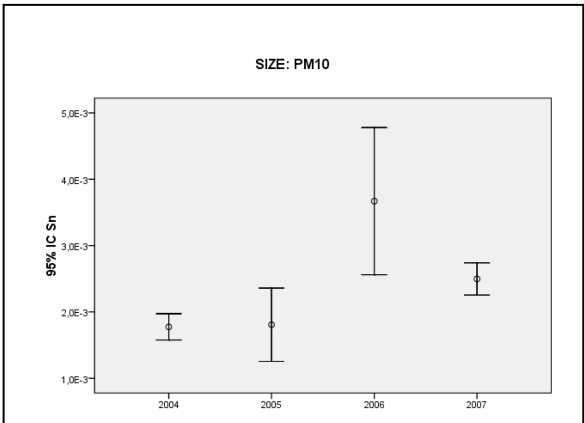
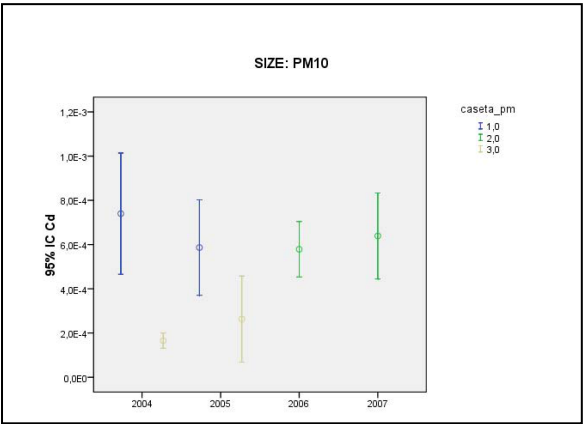
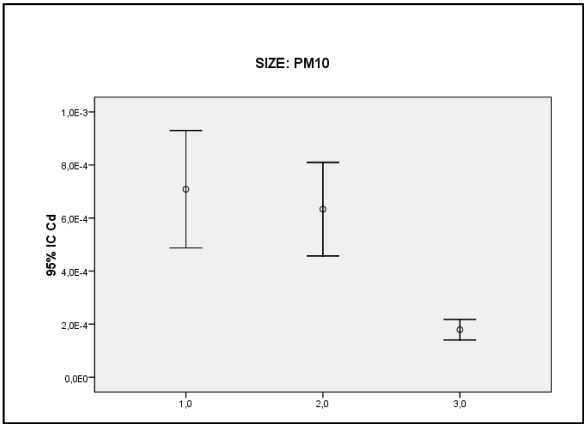
5. Resultados



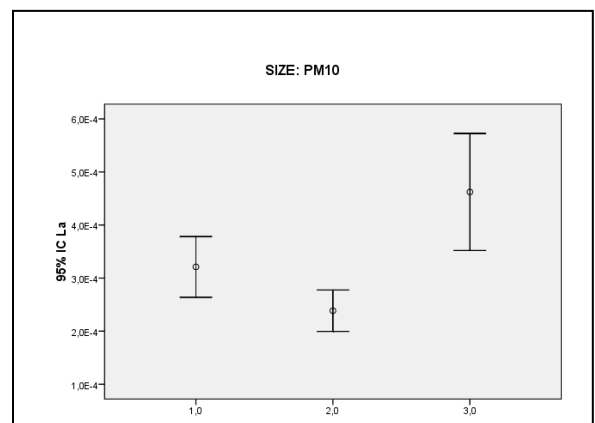
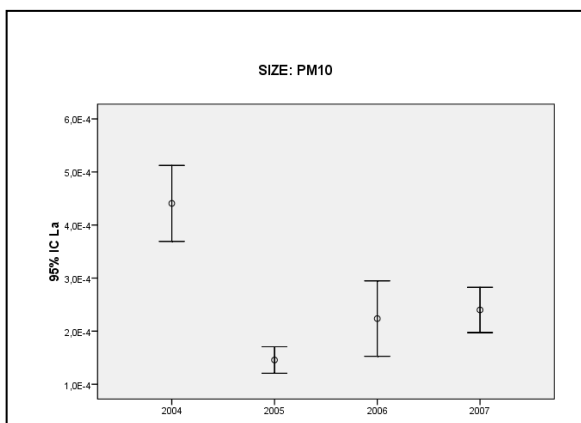
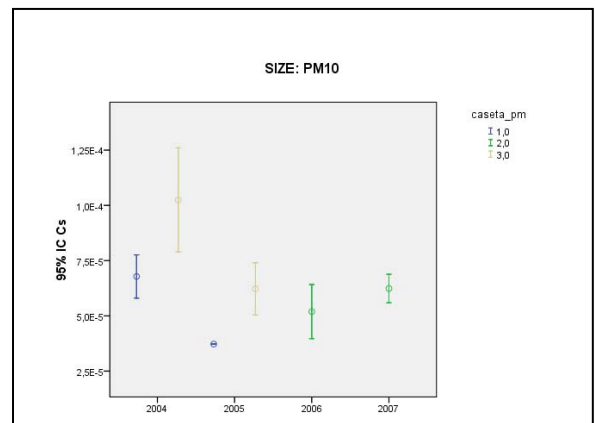
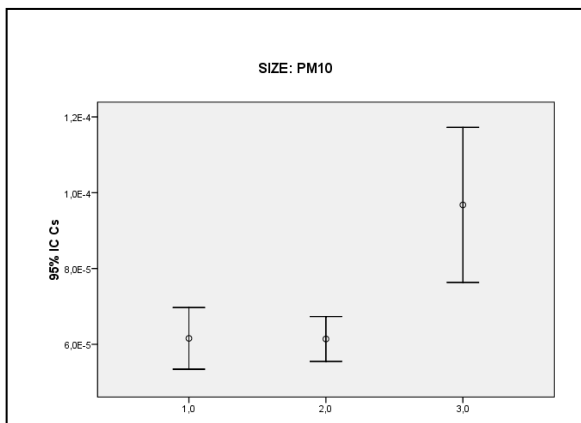
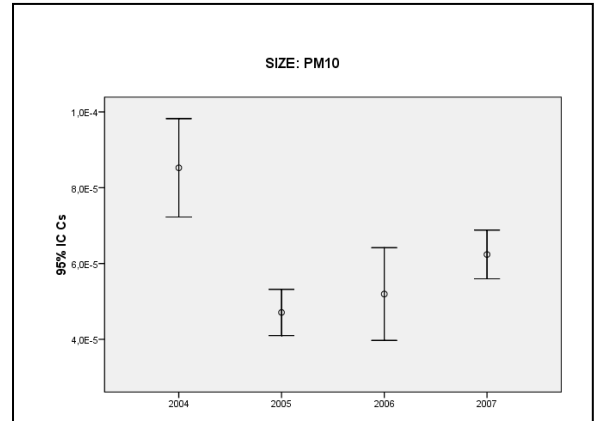
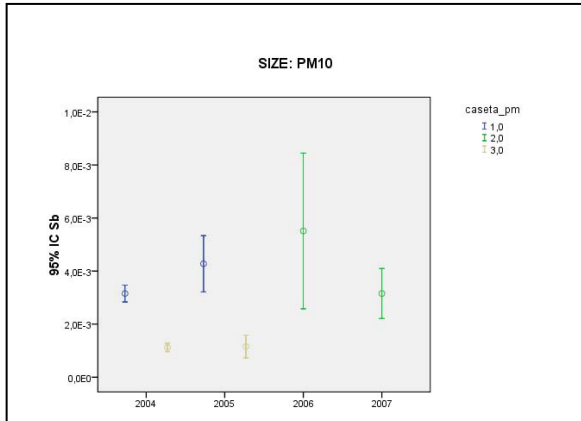
5. Resultados



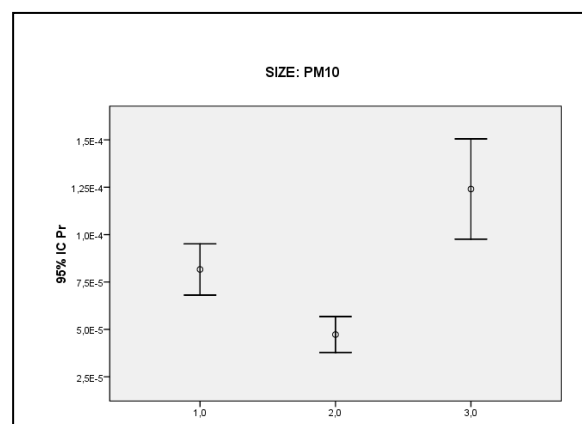
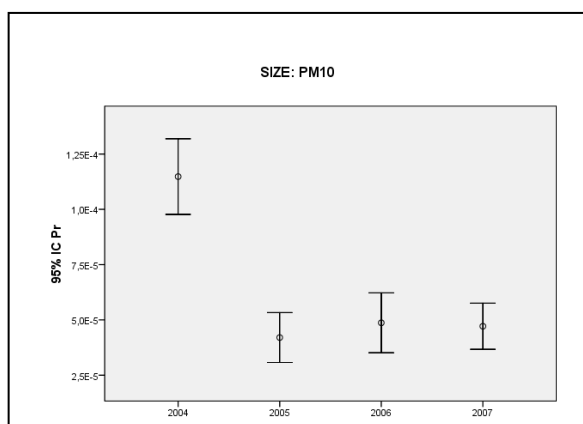
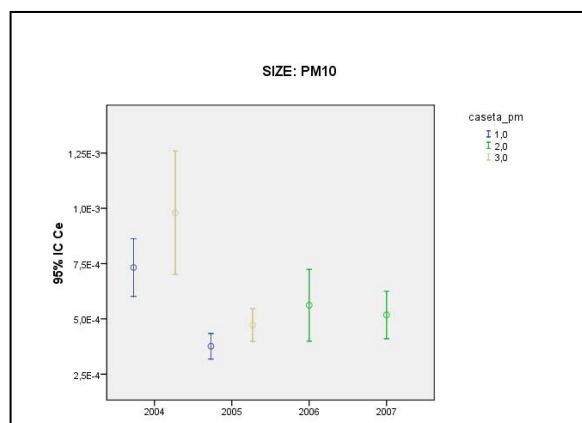
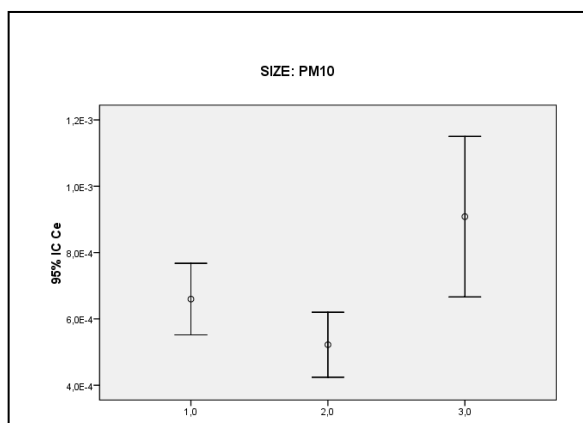
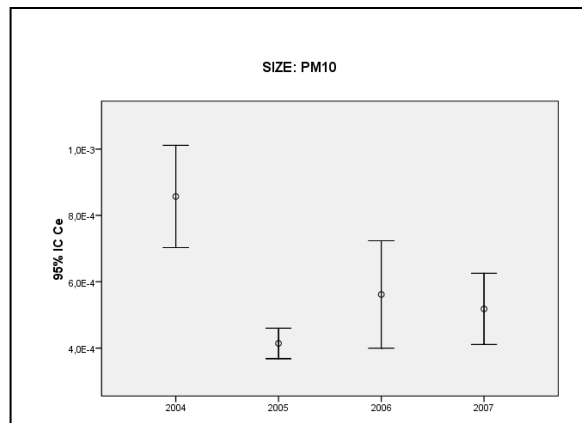
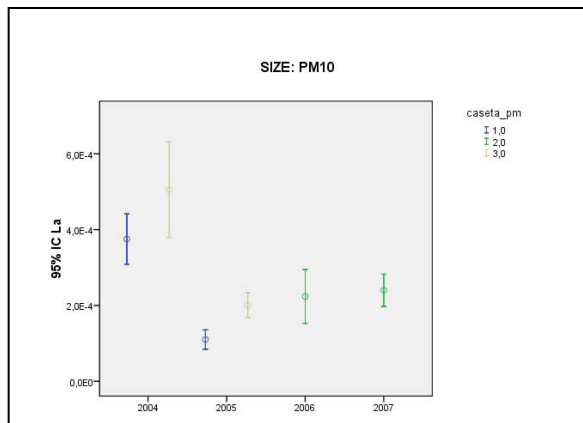
5. Resultados



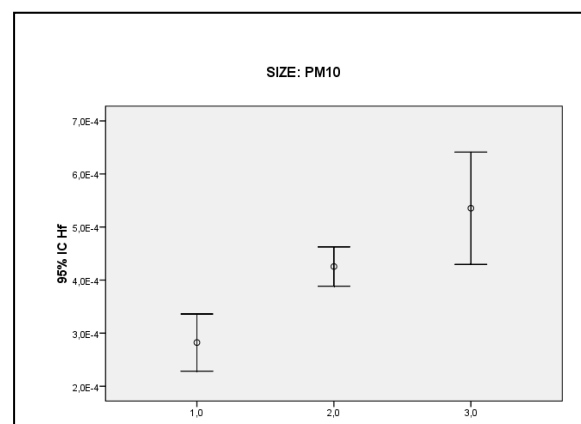
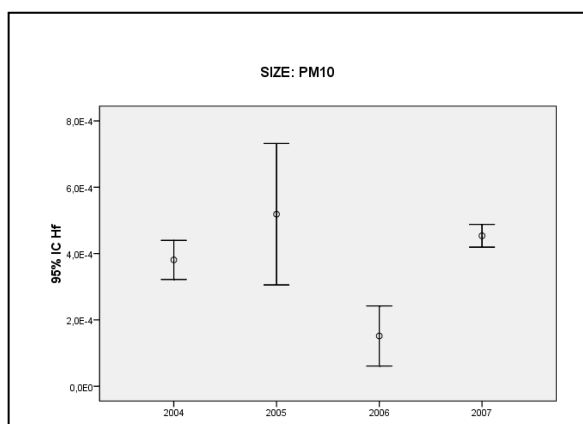
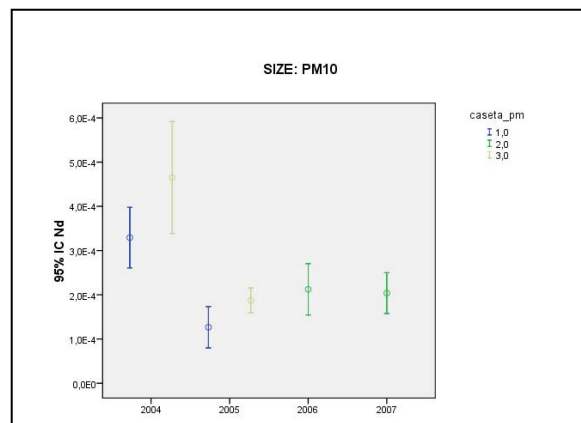
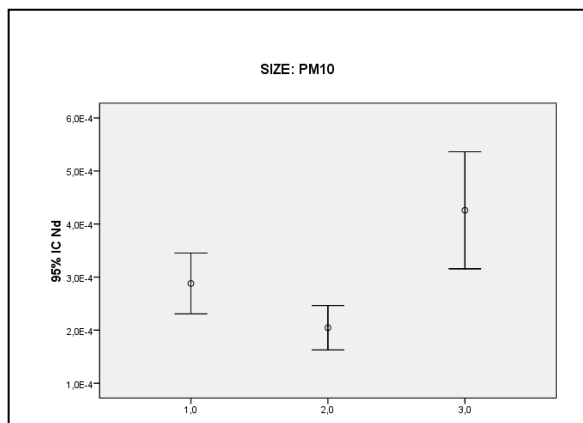
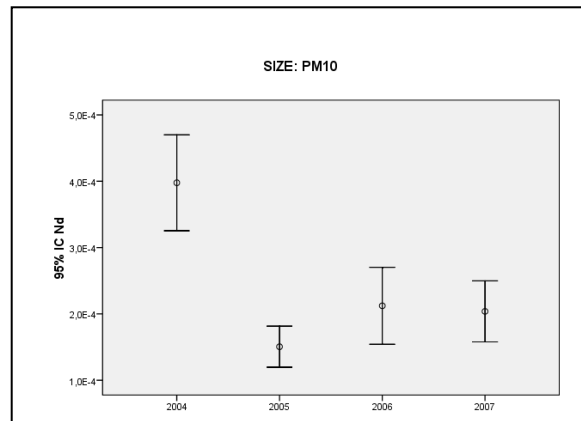
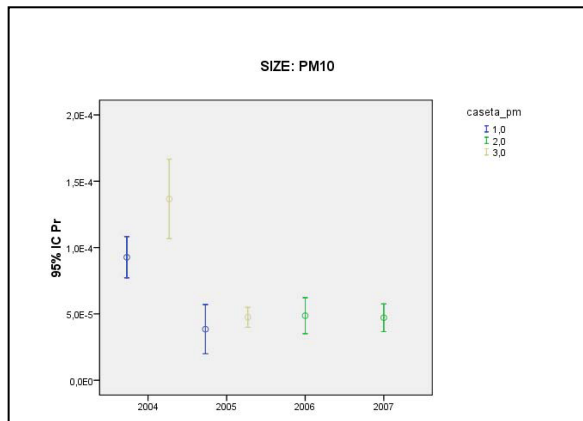
5. Resultados



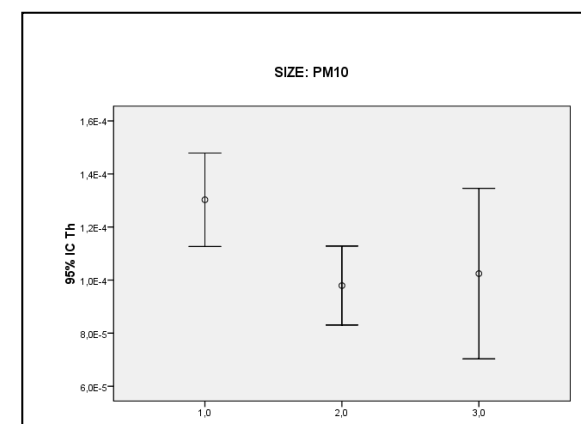
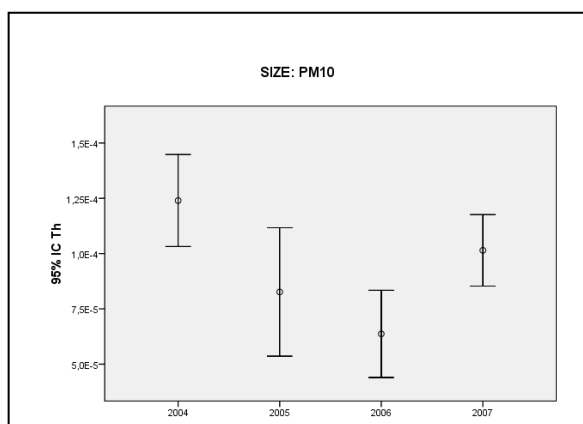
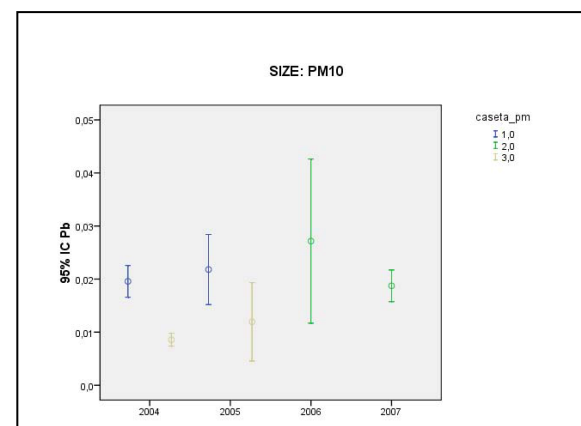
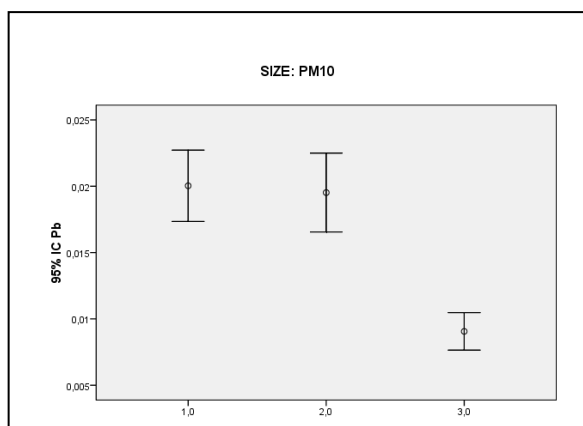
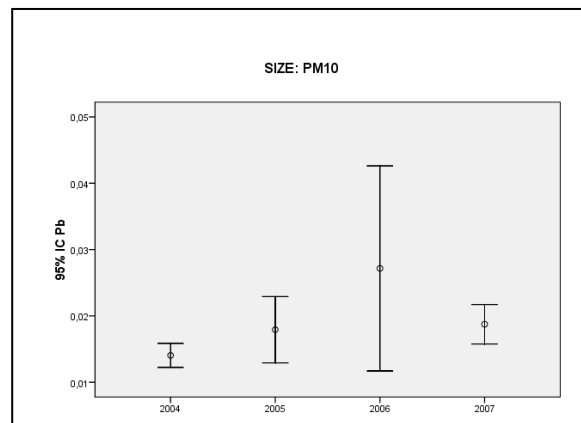
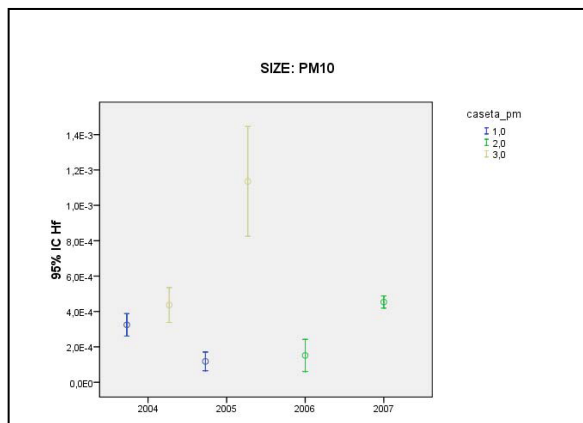
5. Resultados



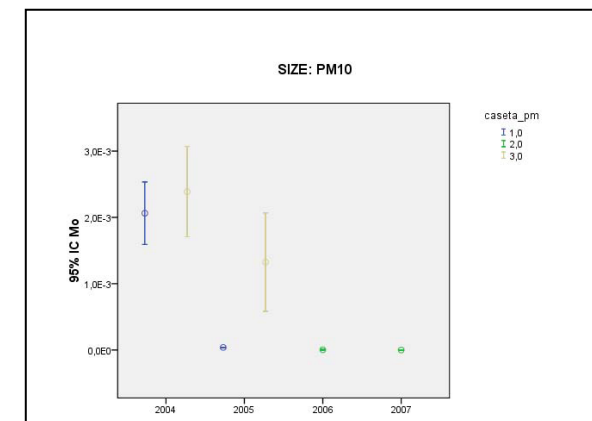
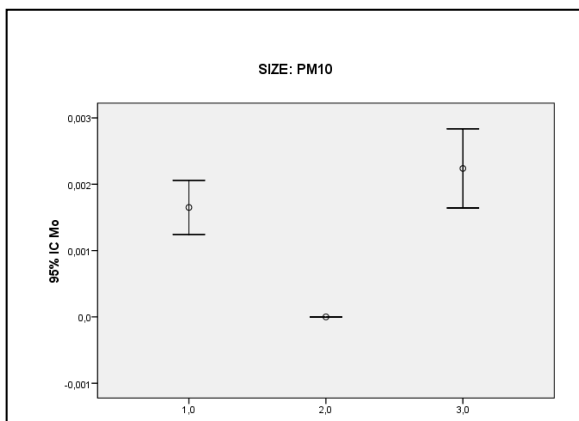
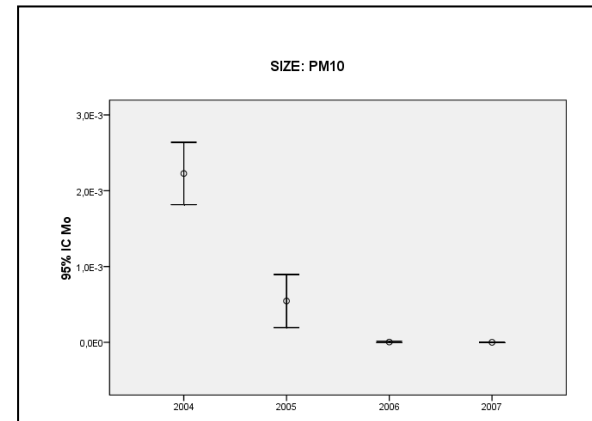
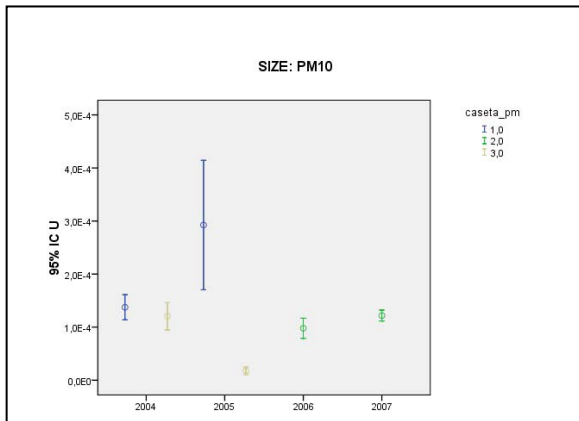
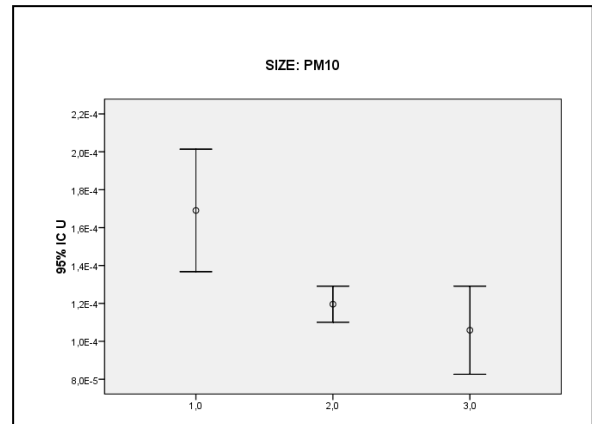
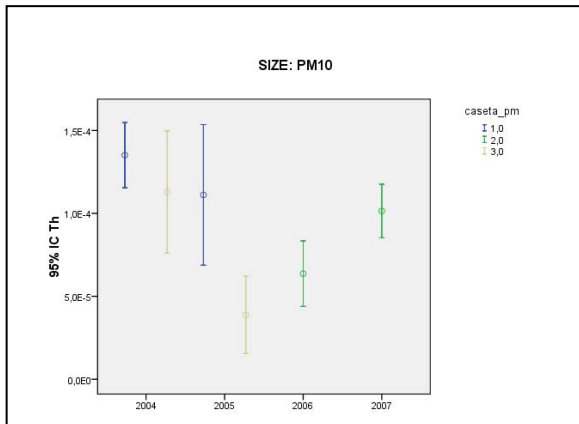
5. Resultados



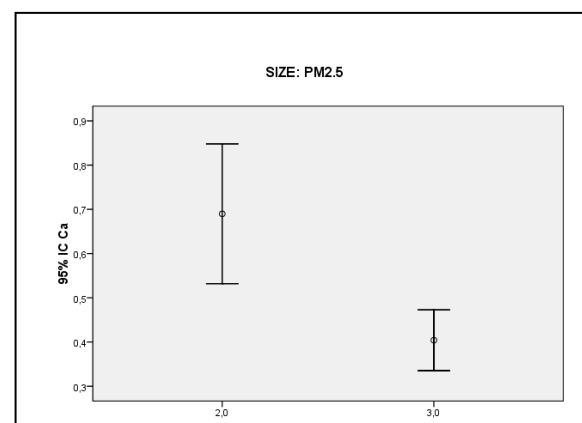
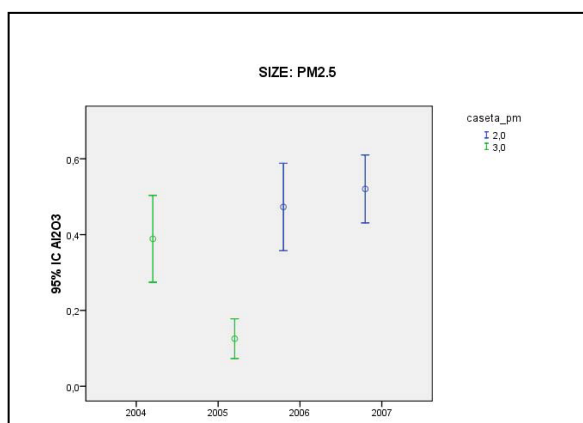
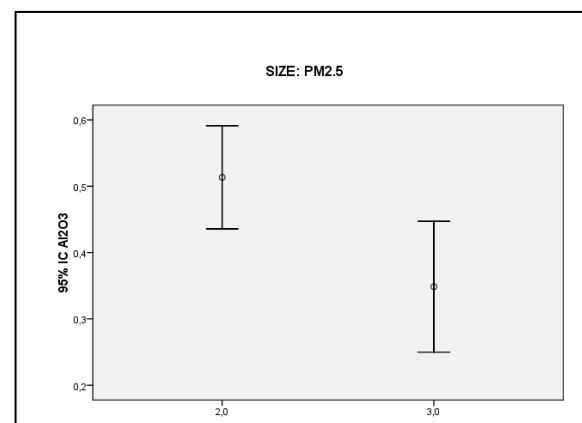
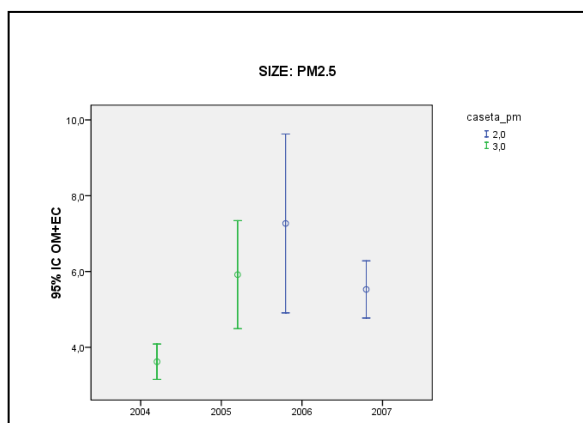
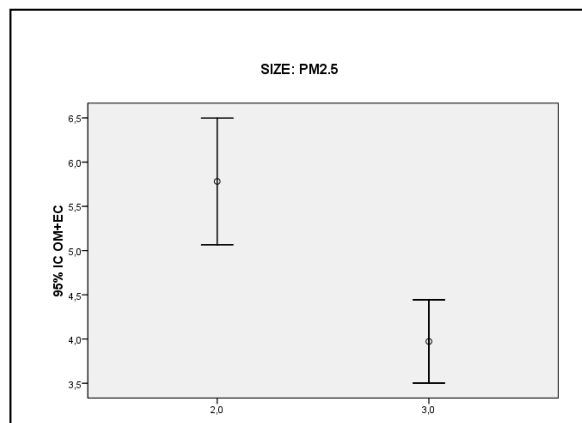
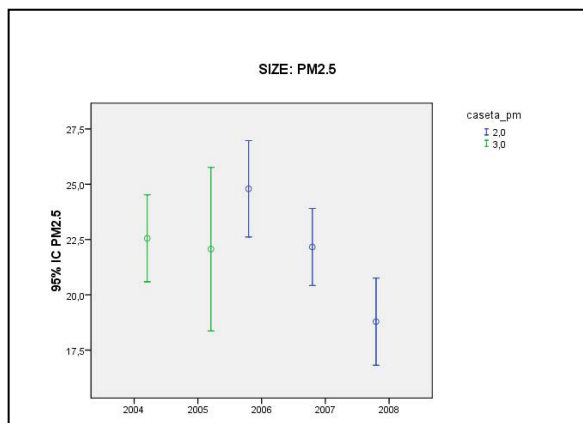
5. Resultados



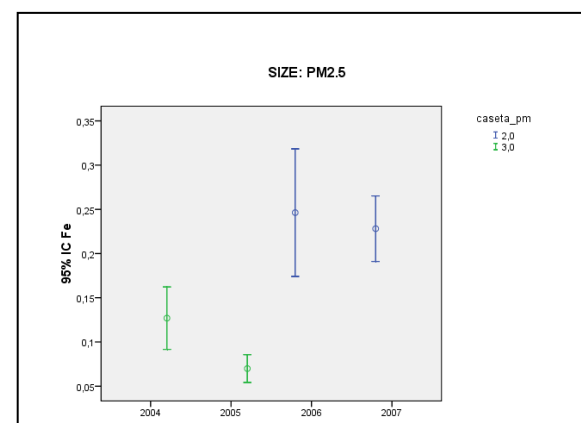
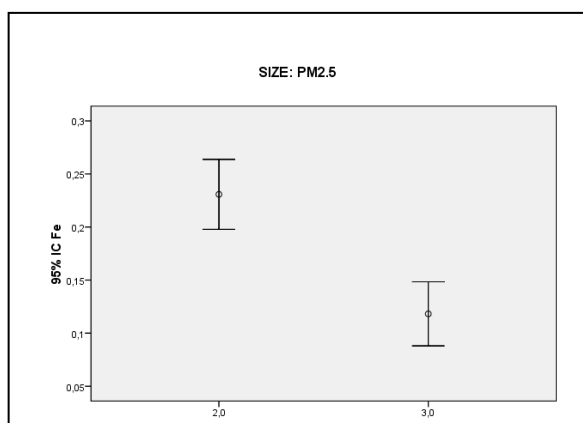
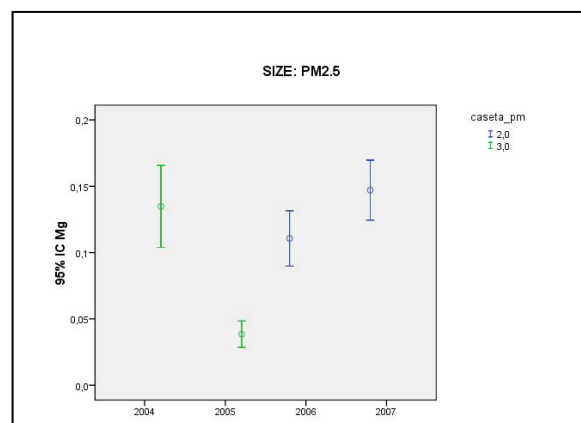
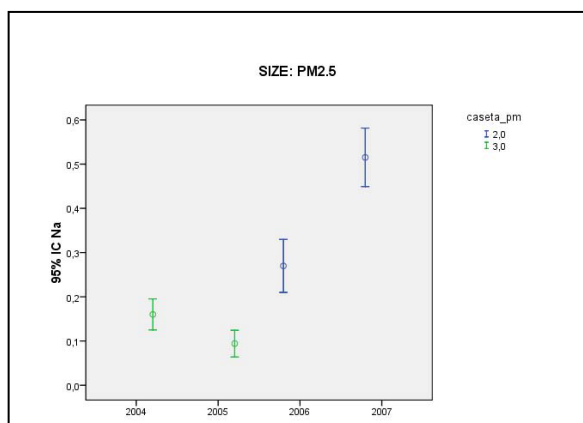
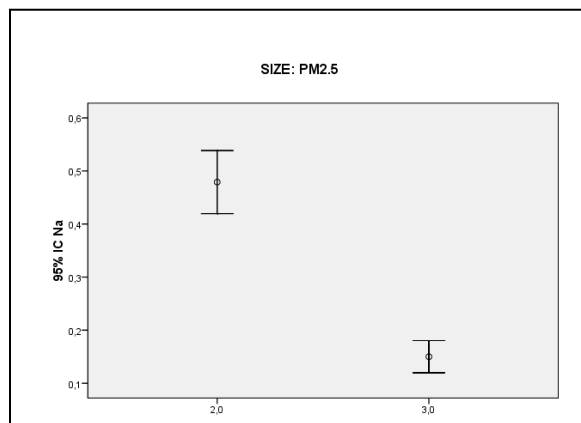
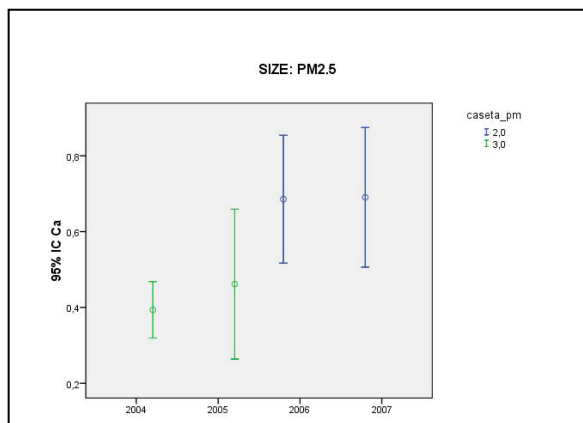
5. Resultados



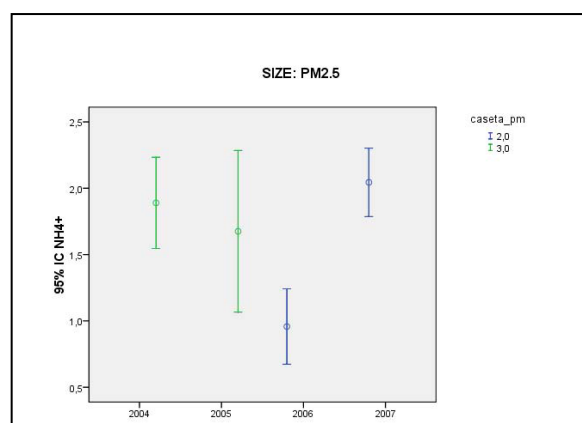
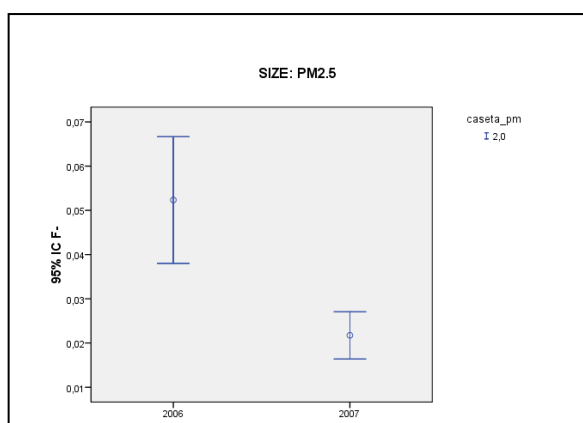
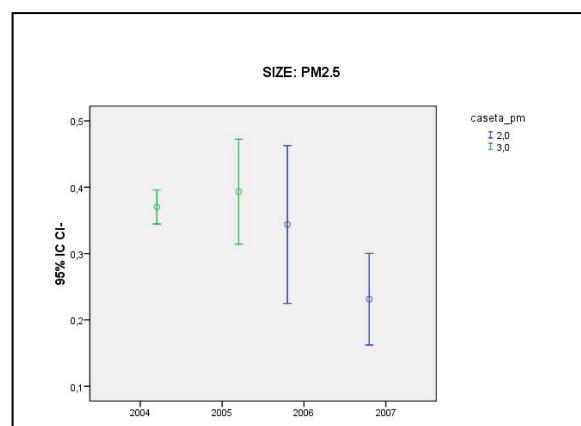
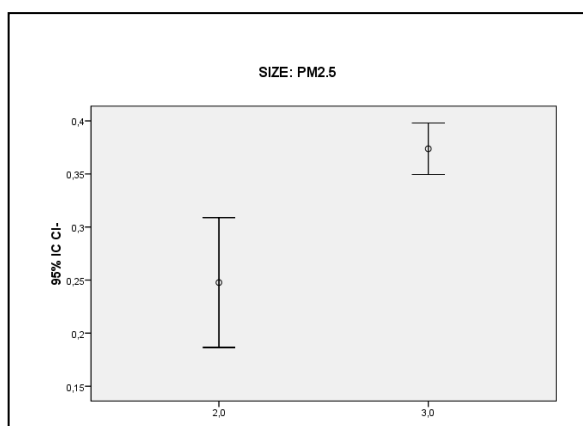
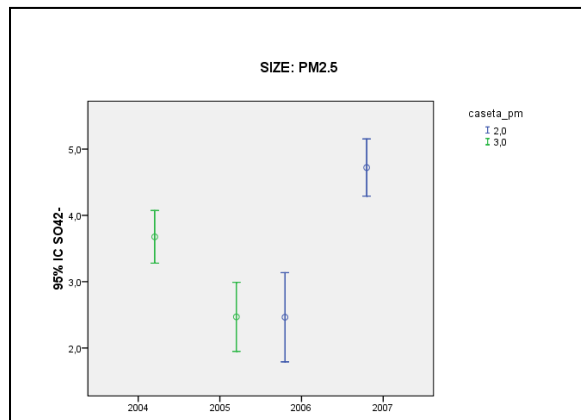
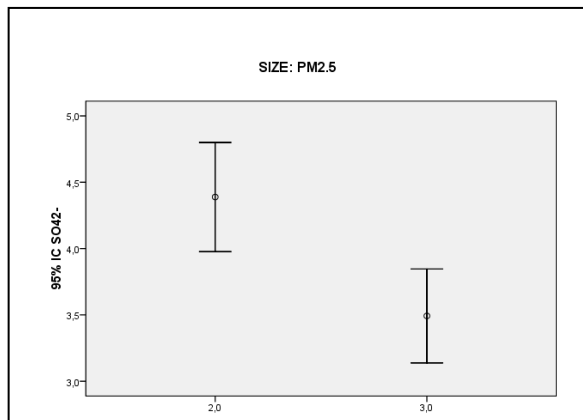
5. Resultados



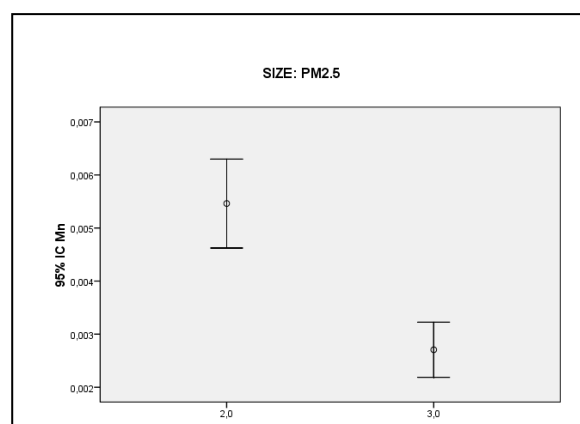
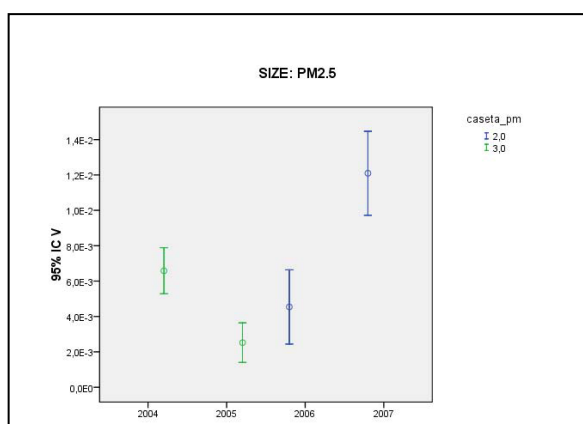
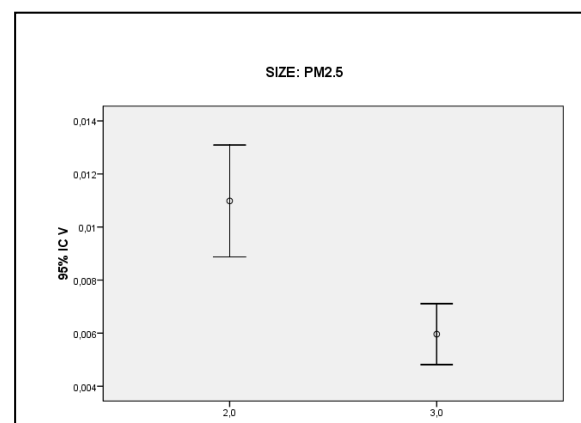
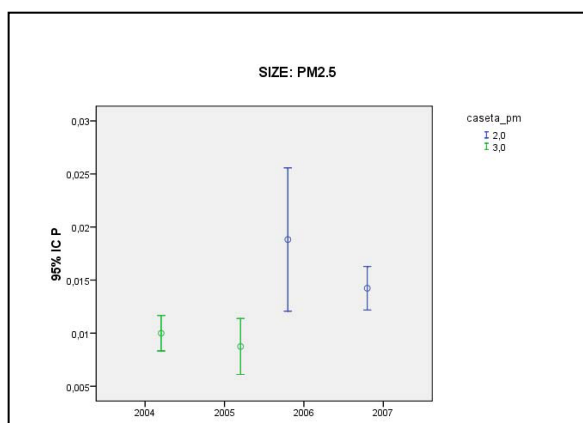
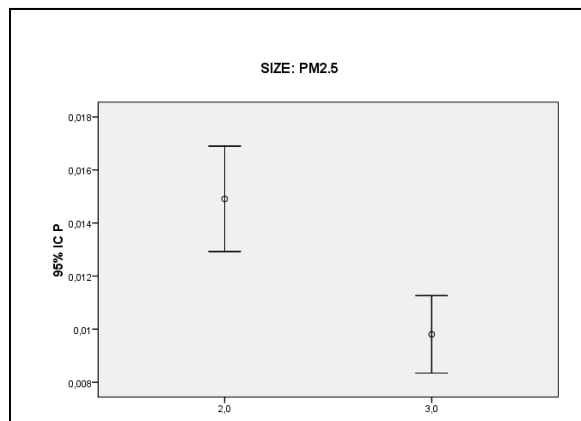
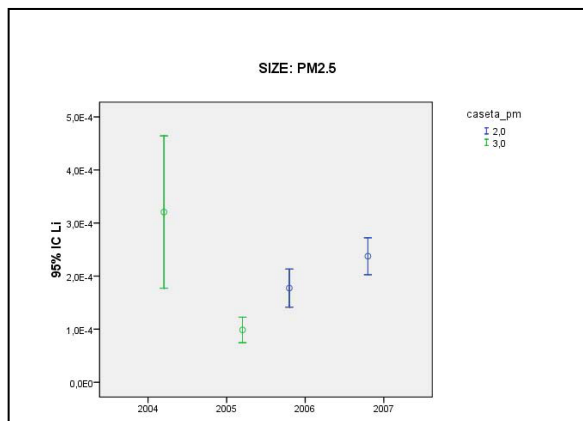
5. Resultados



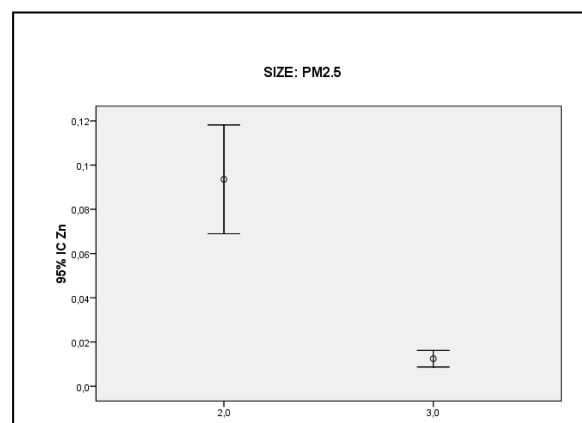
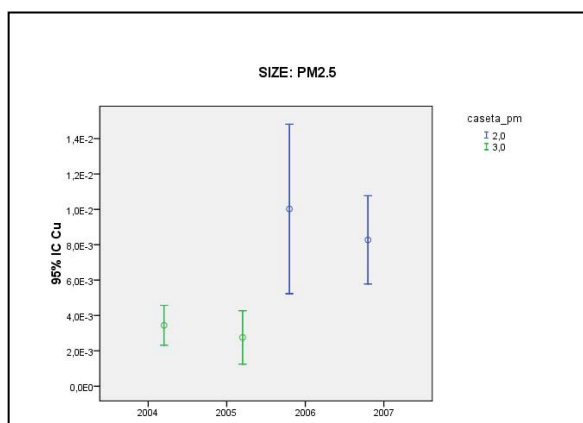
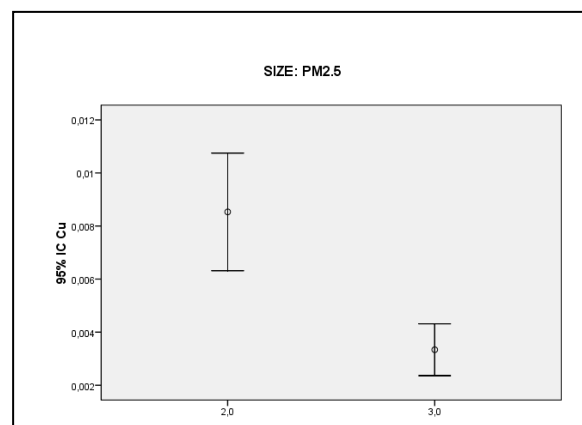
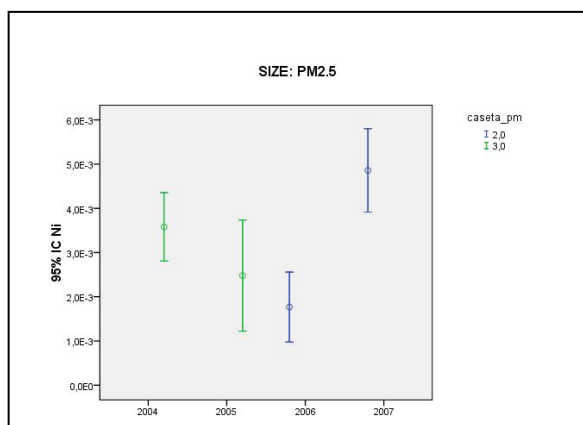
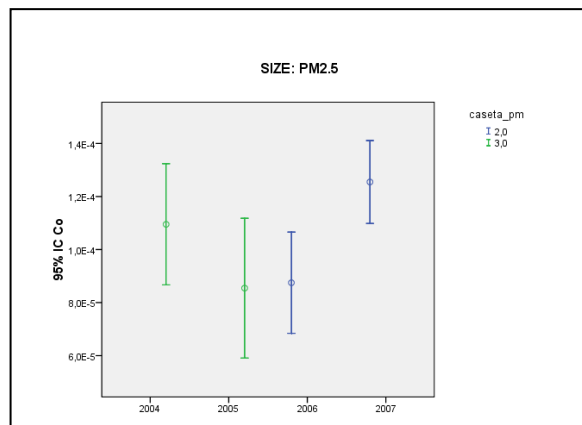
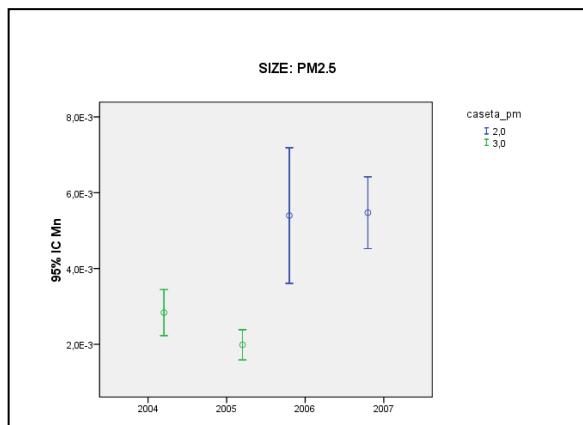
5. Resultados



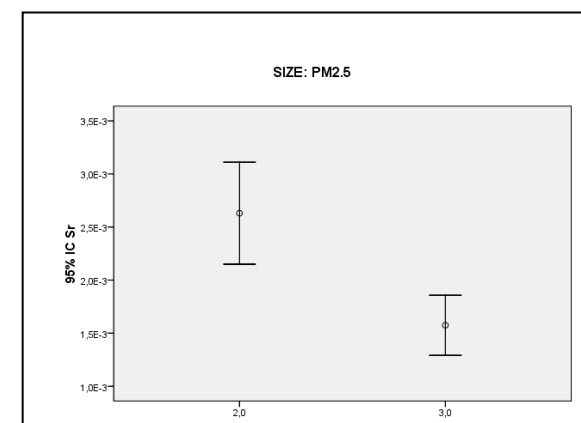
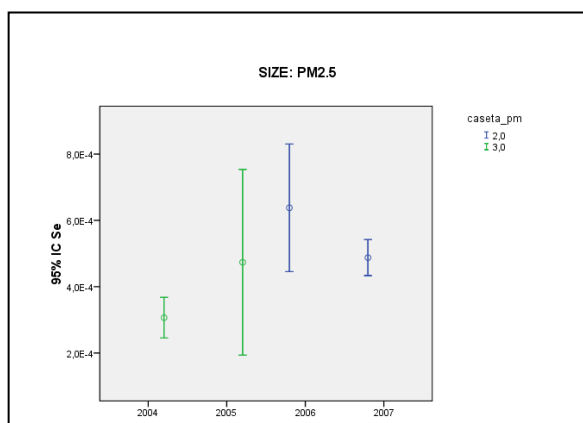
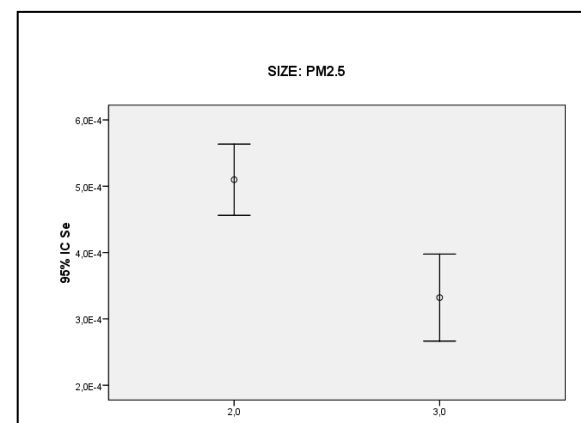
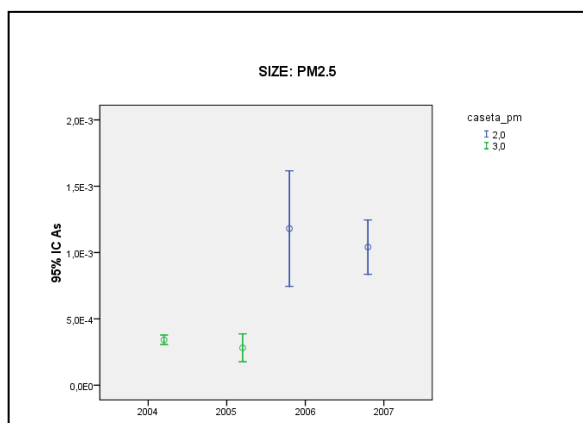
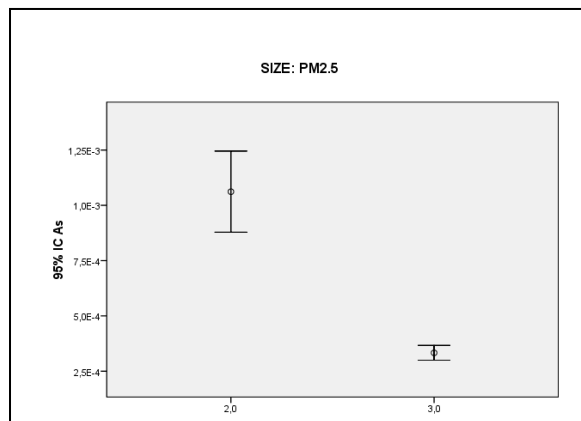
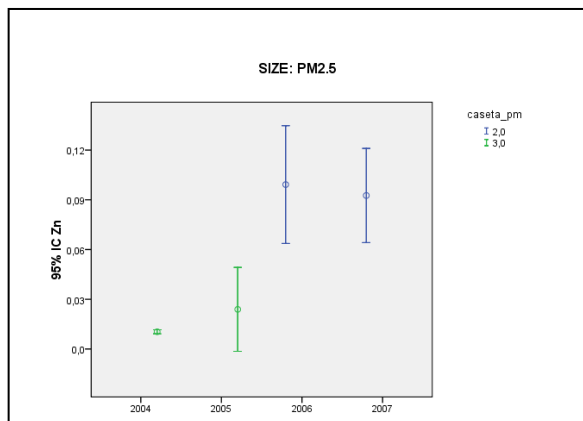
5. Resultados



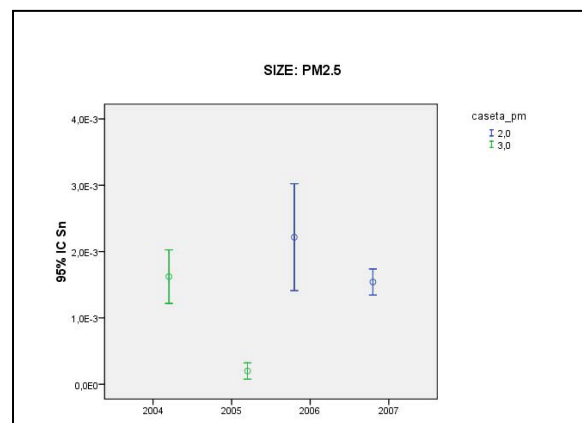
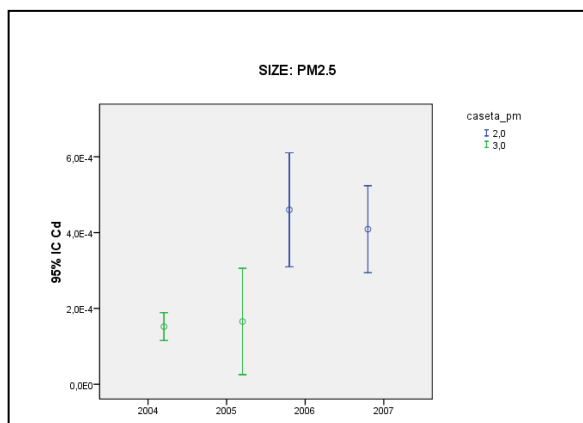
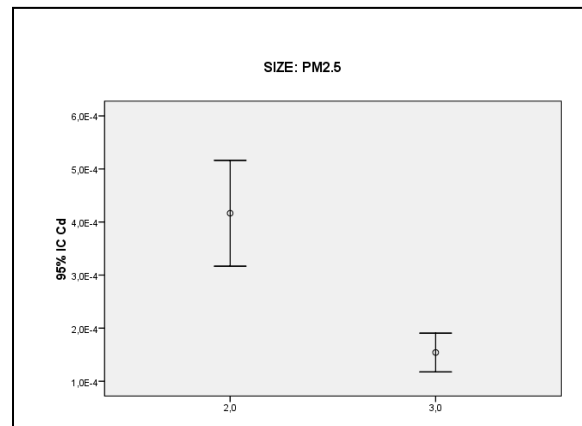
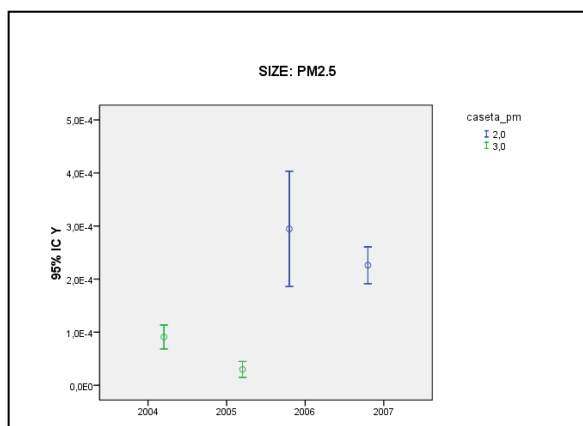
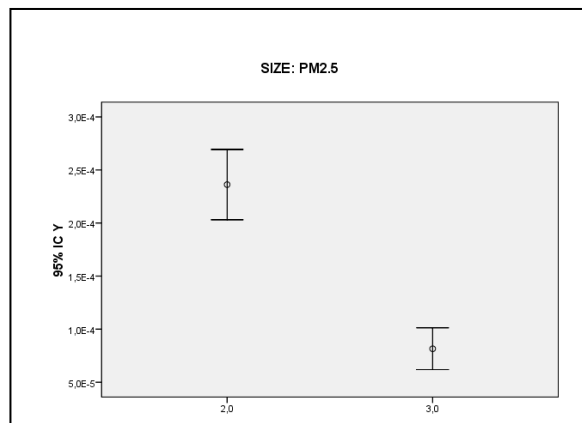
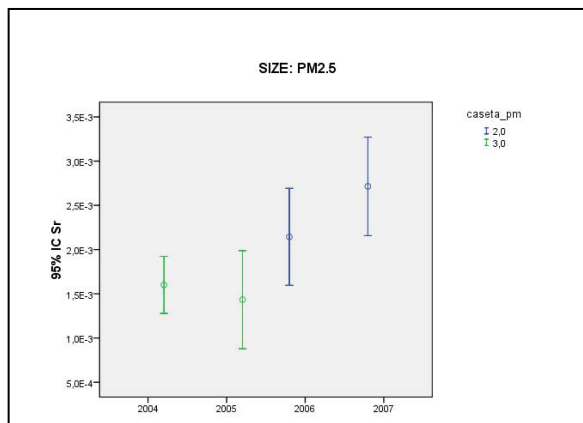
5. Resultados



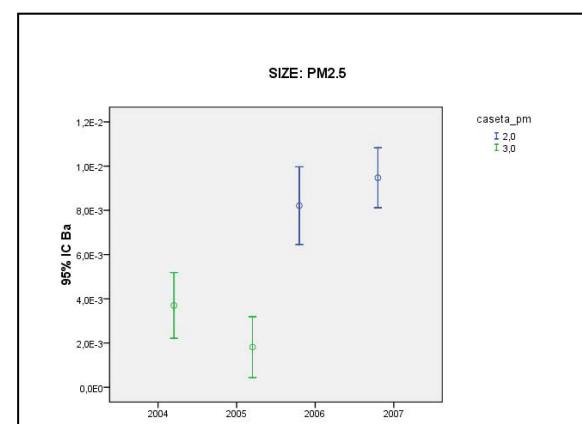
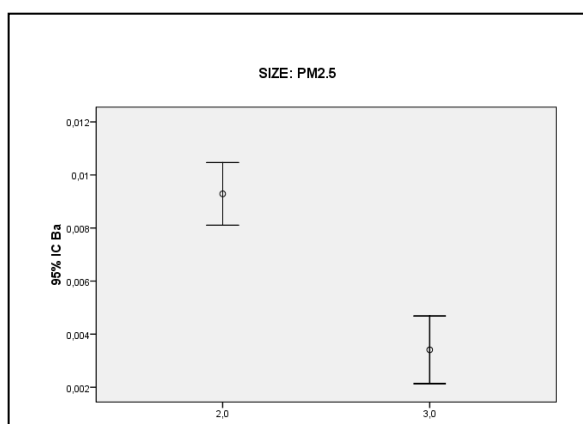
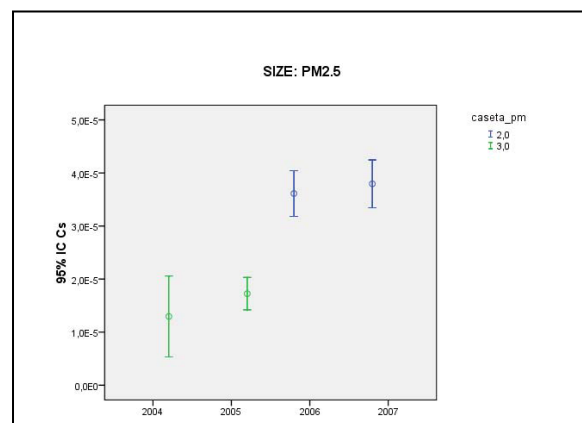
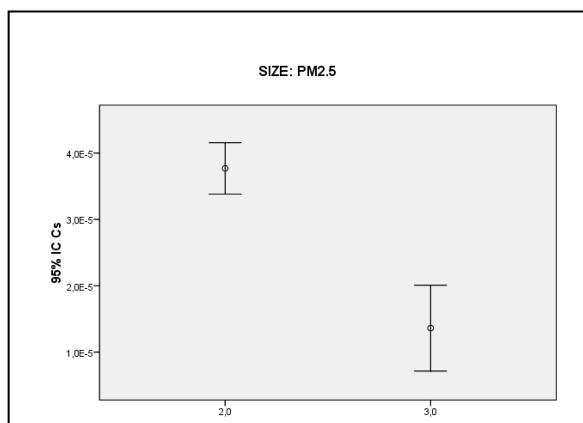
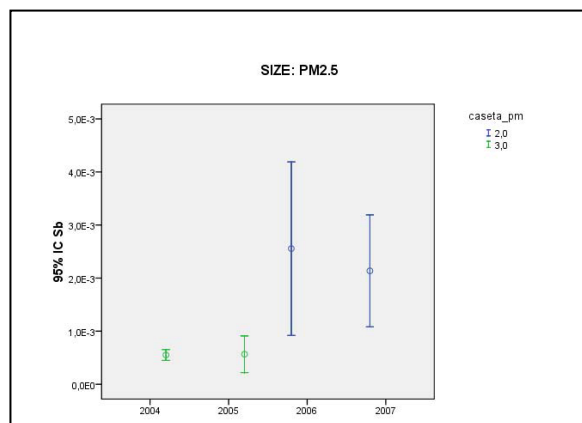
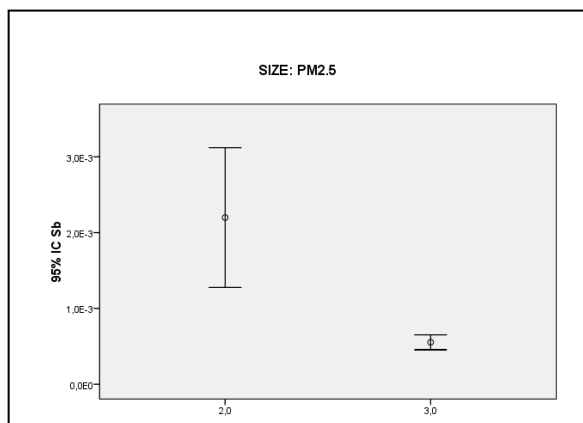
5. Resultados



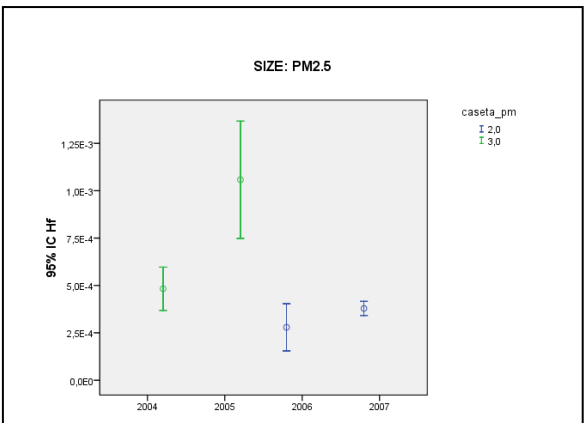
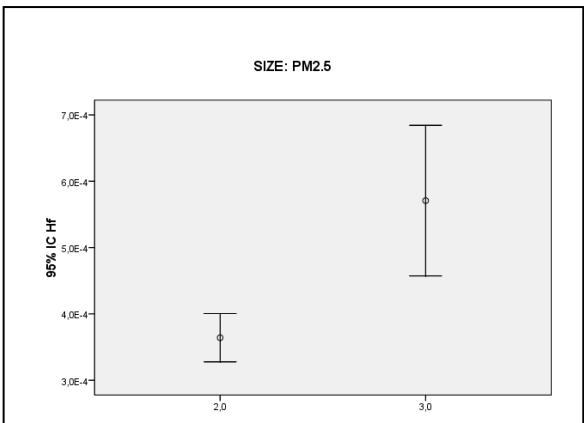
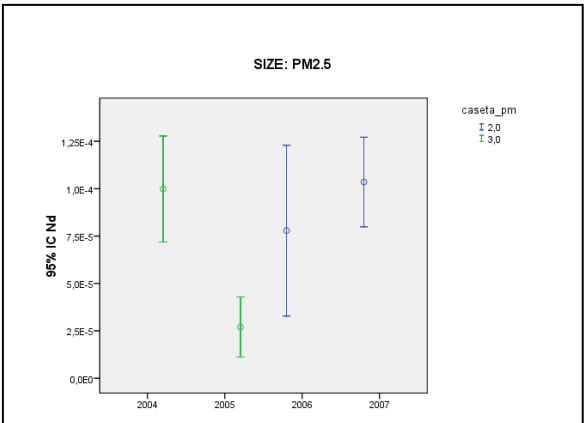
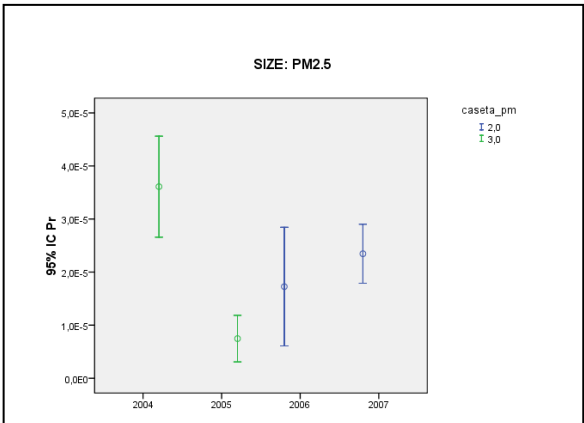
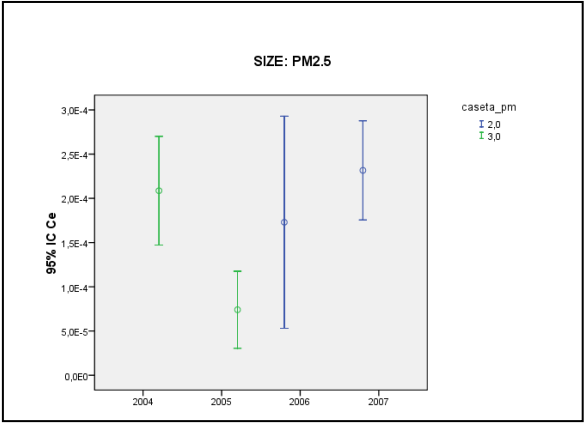
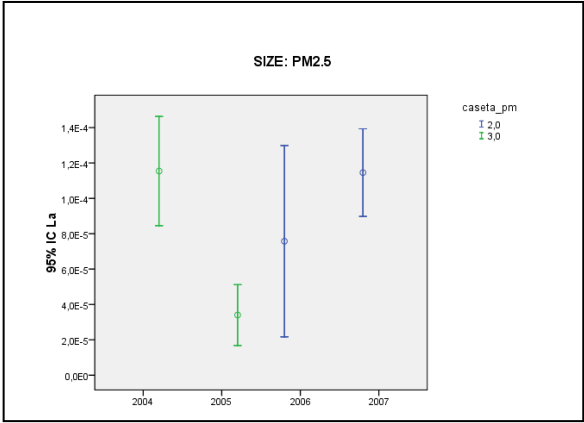
5. Resultados



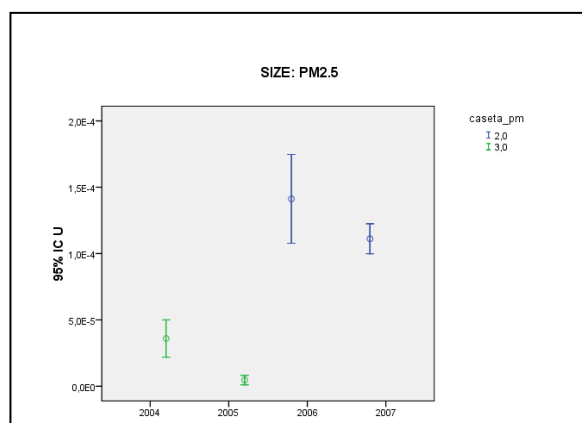
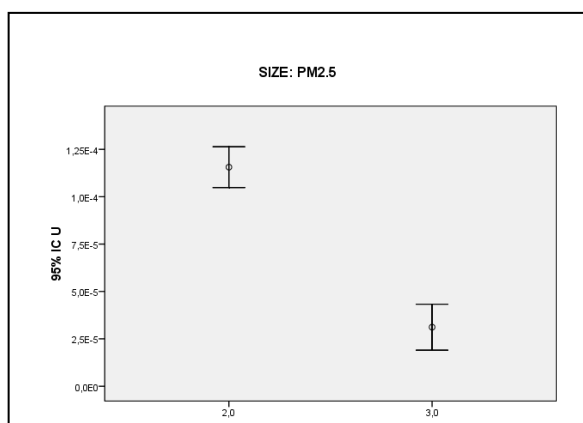
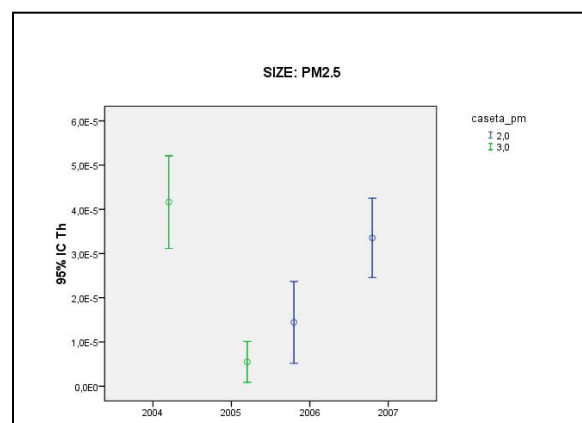
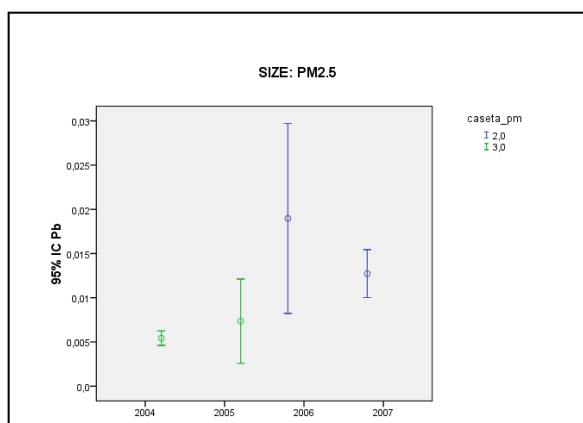
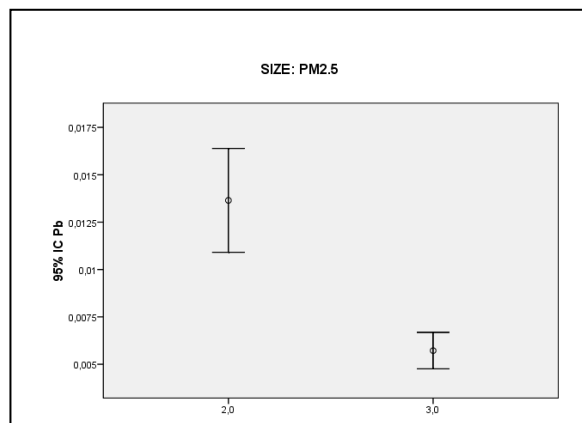
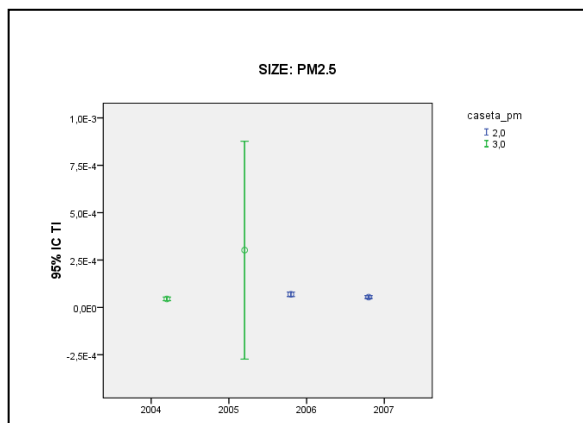
5. Resultados



5. Resultados



5. Resultados



5. Resultados

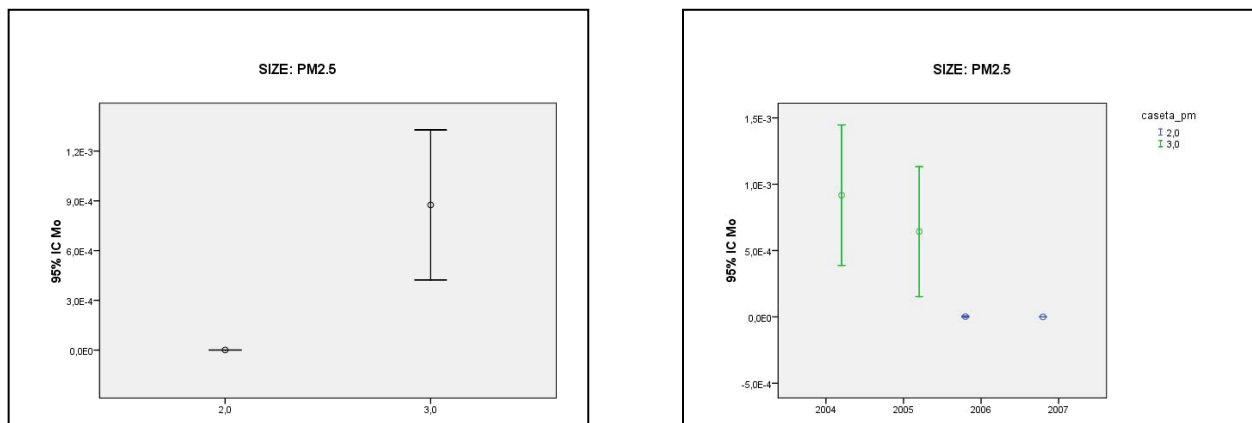


Figura 5.3. Esquema del ideal comportamiento de una especie química “i” durante los episodios de polvo africano en donde “ X_i ” es la concentración de esa especie en aire ambiente en PM_{10} y “C” es la concentración de la fracción crustal en aire ambiente en PM_{10} .

- a) Especie “i” cuya concentración X_i se incrementa durante episodios de polvo africano.

SIN EPISODIO POLVO AFRICANO

$$\frac{X_i \downarrow}{C \downarrow}$$

CON EPISODIO POLVO AFRICANO

$$\frac{X_i \uparrow}{C \uparrow}$$

- b) Especie “i” cuya concentración X_i no se incrementa durante episodios de polvo africano.

SIN EPISODIO POLVO AFRICANO

$$\frac{X_i \downarrow}{C \downarrow}, \frac{X_i \uparrow}{C \downarrow}$$

CON EPISODIO POLVO AFRICANO

$$\frac{X_i \downarrow}{C \uparrow}$$

5. Resultados

Tabla 5.4. Estadísticos descriptivos para las variables durante intrusión de masas de aire con polvo africano y sin ella para el conjunto de datos en una fracción y luego segmentándolos por estación de muestreo. El código “0” significa no intrusión y el “1” intrusión. El código de estaciones de muestreo se corresponde con: 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana. Se presentan también las comparaciones con y sin intrusión del cociente variable dividida por la componente crustal (C) en días con y sin intrusión; se indican estos estudios con el mismo nombre de la variable seguido por “inC”. La concentración está expresada como $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

a) Los datos de las variables de las estaciones de Bastarreche, Santa Ana y Mompeán se consideran conjuntamente en la fracción PM_{10} .

	Intrusión	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM_{10}	0	1107	8.23065	340.34211	33.43416	15.99873	7.09511	0.07352	123.05881	0.14691	30.89733
	1	585	8.59852	139.79088	39.15339	14.96078	2.19169	0.10102	9.25831	0.20169	36.86973
	Total	1692	8.23065	340.34211	35.41155	15.87808	5.34783	0.05950	83.53665	0.11892	32.84404
PM_{10}M	0	183	14.00000	107.00000	40.26380	14.02450	0.69117	0.17961	1.65625	0.35735	37.81962
	1	93	16.34058	122.00000	47.96450	19.47238	1.50294	0.25003	3.01861	0.49516	44.70073
	Total	276	14.00000	122.00000	42.85860	16.44137	1.32444	0.14665	3.66556	0.29227	40.01100
OM+EC	0	183	0.99200	26.33766	7.90886	4.79613	1.54696	0.17961	2.56669	0.35735	6.72461
	1	93	0.50000	18.60139	6.50081	3.43032	0.98545	0.25003	1.11722	0.49516	5.55752
	Total	276	0.50000	26.33766	7.43441	4.42774	1.56861	0.14665	3.05918	0.29227	6.30626
Al_2O_3	0	183	0.08088	7.09986	0.96032	0.78324	4.02732	0.17961	23.87428	0.35735	0.78707
	1	93	0.23222	12.02533	1.86726	2.20206	2.83191	0.25003	9.16076	0.49516	1.22414
	Total	276	0.08088	12.02533	1.26592	1.48750	4.21553	0.14665	22.62475	0.29227	0.91338
Ca	0	183	0.23661	9.12215	2.07048	1.36453	2.22803	0.17961	7.10785	0.35735	1.73716
	1	93	0.38352	8.62849	1.97960	1.50549	2.53937	0.25003	7.42214	0.49516	1.63235
	Total	276	0.23661	9.12215	2.03986	1.41151	2.33461	0.14665	7.08222	0.29227	1.70111
Ca_{sol}	0	45	0.65000	2.22740	1.22665	0.30090	1.61267	0.35373	3.98564	0.69454	1.19528
	1	41	0.38000	1.80000	1.16067	0.24916	-0.18481	0.36950	2.58842	0.72448	1.12971
	Total	86	0.38000	2.22740	1.19519	0.27782	1.04309	0.25968	3.94535	0.51390	1.16356
K	0	183	0.10162	1.20943	0.36190	0.18051	1.58305	0.17961	3.64667	0.35735	0.32501
	1	93	0.13269	2.22323	0.47810	0.40076	2.60166	0.25003	7.65870	0.49516	0.38343
	Total	276	0.10162	2.22323	0.40106	0.27986	3.25871	0.14665	15.22726	0.29227	0.34363
K_{sol}	0	45	0.16000	0.54000	0.27649	0.06726	1.41558	0.35373	5.10690	0.69454	0.26916
	1	41	0.14000	0.57445	0.29759	0.08474	1.68753	0.36950	3.58527	0.72448	0.28764
	Total	86	0.14000	0.57445	0.28655	0.07638	1.64097	0.25968	4.30479	0.51390	0.27782
Na	0	183	0.00703	4.20797	0.94354	0.82778	1.56638	0.17961	2.36523	0.35735	0.65128
	1	93	0.07873	5.29011	1.31389	0.92796	1.41778	0.25003	2.77449	0.49516	1.02142
	Total	276	0.00703	5.29011	1.06833	0.87882	1.48200	0.14665	2.47663	0.29227	0.75792
Na_{sol}	0	45	0.16293	3.06261	0.73076	0.49407	2.90477	0.35373	11.59110	0.69454	0.61723
	1	41	0.15747	2.75187	0.99181	0.64200	1.41653	0.36950	1.38830	0.72448	0.82184
	Total	86	0.15747	3.06261	0.85521	0.58097	1.95056	0.25968	4.01276	0.51390	0.70750
Mg	0	183	0.03460	1.02672	0.30316	0.15656	1.51428	0.17961	3.51821	0.35735	0.26737
	1	93	0.07384	1.58989	0.42764	0.29343	2.32243	0.25003	6.24060	0.49516	0.36087
	Total	276	0.03460	1.58989	0.34510	0.22023	2.66349	0.14665	10.56656	0.29227	0.29580
Mg_{sol}	0	45	0.09891	0.45015	0.18667	0.05786	2.41701	0.35373	9.89306	0.69454	0.17967
	1	41	0.11399	0.47619	0.22161	0.08013	1.52988	0.36950	2.23502	0.72448	0.21006
	Total	86	0.09891	0.47619	0.20333	0.07115	1.88588	0.25968	4.30739	0.51390	0.19357
Fe	0	183	0.05709	1.88740	0.47726	0.28215	2.05370	0.17961	6.64401	0.35735	0.41054
	1	93	0.12895	3.68267	0.70860	0.63628	2.79764	0.25003	9.29047	0.49516	0.54913
	Total	276	0.05709	3.68267	0.55521	0.44736	3.56684	0.14665	18.21067	0.29227	0.45281
SO_4^{2-}	0	183	1.02181	13.63586	4.45148	2.05218	1.12236	0.17961	2.50212	0.35735	4.00423

5. Resultados

	1	93	0.90800	14.33926	6.53443	2.50556	0.33521	0.25003	0.48789	0.49516	5.97019
	Total	276	0.90800	14.33926	5.15334	2.42080	0.82147	0.14665	0.91789	0.29227	4.58111
NO ₃ ⁻	0	183	0.11748	11.18000	2.84985	1.96935	1.47027	0.17961	2.19093	0.35735	2.26771
	1	93	0.89000	11.08000	3.42134	1.93043	1.40949	0.25003	2.21581	0.49516	2.97271
	Total	276	0.11748	11.18000	3.04242	1.97147	1.39583	0.14665	2.01707	0.29227	2.48429
Cl ⁻	0	183	0.00349	4.27000	0.67508	0.54414	2.75770	0.17961	12.27876	0.35735	0.50583
	1	93	0.09847	5.05000	0.79080	0.72573	3.44670	0.25003	15.27783	0.49516	0.60963
	Total	276	0.00349	5.05000	0.71407	0.61251	3.24322	0.14665	15.50924	0.29227	0.53866
F ⁻	0	45	0.02311	0.06367	0.03686	0.00649	2.60148	0.35373	9.84172	0.69454	0.03640
	1	41	0.01996	0.06695	0.03575	0.00875	1.38182	0.36950	3.47961	0.72448	0.03481
	Total	86	0.01996	0.06695	0.03633	0.00762	1.70427	0.25968	5.24113	0.51390	0.03563
NH ₄ ⁺	0	183	0.04473	6.50000	1.30137	0.86779	2.32139	0.17961	9.40950	0.35735	1.06293
	1	93	0.36000	7.27000	1.76553	1.08002	2.94919	0.25003	11.43444	0.49516	1.55194
	Total	276	0.04473	7.27000	1.45778	0.96795	2.60239	0.14665	10.81884	0.29227	1.20751
Li	0	183	0.00004	0.00555	0.00045	0.00047	7.41269	0.17961	76.51032	0.35735	0.00034
	1	93	0.00004	0.00431	0.00066	0.00071	3.46304	0.25003	14.07509	0.49516	0.00048
	Total	276	0.00004	0.00555	0.00052	0.00057	5.16230	0.14665	35.24866	0.29227	0.00038
P	0	183	0.00054	0.08031	0.02926	0.01480	0.50841	0.17961	0.30076	0.35735	0.02434
	1	93	0.00193	0.11633	0.03128	0.01917	2.10453	0.25003	7.10617	0.49516	0.02616
	Total	276	0.00054	0.11633	0.02994	0.01640	1.40107	0.14665	4.88334	0.29227	0.02494
Ti	0	183	0.00206	0.18328	0.02844	0.02096	3.87481	0.17961	22.06296	0.35735	0.02401
	1	93	0.00905	0.34923	0.05411	0.06321	2.92180	0.25003	9.77496	0.49516	0.03600
	Total	276	0.00206	0.34923	0.03709	0.04213	4.40175	0.14665	24.74260	0.29227	0.02752
V	0	183	0.00023	0.04856	0.00917	0.00855	1.86792	0.17961	4.00610	0.35735	0.00620
	1	93	0.00107	0.04655	0.01302	0.01105	1.47504	0.25003	1.63163	0.49516	0.00928
	Total	276	0.00023	0.04856	0.01047	0.00962	1.74729	0.14665	3.05809	0.29227	0.00711
Cr	0	183	0.00001	0.04390	0.00230	0.00337	10.55812	0.17961	129.74736	0.35735	0.00158
	1	93	0.00002	0.00883	0.00254	0.00181	1.72634	0.25003	3.22200	0.49516	0.00197
	Total	276	0.00001	0.04390	0.00238	0.00293	10.60081	0.14665	146.82136	0.29227	0.00170
Mn	0	183	0.00149	0.05787	0.01055	0.00676	2.80840	0.17961	13.91138	0.35735	0.00899
	1	93	0.00309	0.06285	0.01361	0.01074	2.73436	0.25003	9.24505	0.49516	0.01107
	Total	276	0.00149	0.06285	0.01158	0.00843	3.06904	0.14665	13.61816	0.29227	0.00964
Co	0	183	0.00000	0.00096	0.00024	0.00017	1.39303	0.17961	2.25803	0.35735	0.00018
	1	93	0.00000	0.00182	0.00033	0.00034	2.52118	0.25003	7.17307	0.49516	0.00022
	Total	276	0.00000	0.00182	0.00027	0.00024	2.91169	0.14665	12.45319	0.29227	0.00019
Ni	0	183	0.00019	0.02764	0.00494	0.00450	1.97981	0.17961	4.82464	0.35735	0.00337
	1	93	0.00019	0.02761	0.00640	0.00564	1.65885	0.25003	2.86066	0.49516	0.00424
	Total	276	0.00019	0.02764	0.00543	0.00496	1.88169	0.14665	4.07489	0.29227	0.00364
Cu	0	183	0.00017	0.09303	0.01524	0.01448	2.48894	0.17961	9.22859	0.35735	0.00872
	1	93	0.00017	0.03765	0.01167	0.00745	0.91384	0.25003	1.51780	0.49516	0.00827
	Total	276	0.00017	0.09303	0.01404	0.01265	2.70084	0.14665	11.88812	0.29227	0.00857
Zn	0	183	0.00298	4.35940	0.40387	0.57338	3.58558	0.17961	19.09219	0.35735	0.13969
	1	93	0.00323	1.89809	0.45219	0.39736	1.13077	0.25003	1.59346	0.49516	0.21892
	Total	276	0.00298	4.35940	0.42015	0.52051	3.28660	0.14665	18.46644	0.29227	0.16252
As	0	183	0.00006	0.00519	0.00094	0.00073	2.38747	0.17961	8.75130	0.35735	0.00074
	1	93	0.00024	0.00288	0.00100	0.00053	1.26476	0.25003	2.02312	0.49516	0.00087
	Total	276	0.00006	0.00519	0.00096	0.00067	2.21989	0.14665	8.37498	0.29227	0.00078
Se	0	183	0.00000	0.00281	0.00058	0.00045	1.75137	0.17961	4.94614	0.35735	0.00037
	1	93	0.00000	0.00242	0.00070	0.00047	1.12440	0.25003	1.82322	0.49516	0.00049
	Total	276	0.00000	0.00281	0.00062	0.00046	1.49591	0.14665	3.49004	0.29227	0.00041
Rb	0	183	0.00021	0.00504	0.00088	0.00056	3.32088	0.17961	17.55105	0.35735	0.00077
	1	93	0.00026	0.00792	0.00136	0.00139	2.88128	0.25003	9.77510	0.49516	0.00100

5. Resultados

Sr	Total	276	0.00021	0.00792	0.00104	0.00095	4.00848	0.14665	21.48608	0.29227	0.00084
	0	183	0.00115	0.02239	0.00725	0.00384	1.62121	0.17961	3.85773	0.35735	0.00638
	1	93	0.00220	0.03244	0.00844	0.00586	1.90014	0.25003	3.98902	0.49516	0.00702
Y	Total	276	0.00115	0.03244	0.00765	0.00464	2.02070	0.14665	5.61482	0.29227	0.00659
	0	183	0.00000	0.00077	0.00017	0.00015	1.44139	0.17961	2.17492	0.35735	0.00008
	1	93	0.00000	0.00197	0.00028	0.00032	3.23516	0.25003	13.88556	0.49516	0.00014
Zr	Total	276	0.00000	0.00197	0.00021	0.00023	3.70325	0.14665	22.60088	0.29227	0.00010
	0	183	0.00002	0.01357	0.00430	0.00334	0.42356	0.17961	-0.69708	0.35735	0.00190
	1	93	0.00002	0.01412	0.00651	0.00437	-0.08524	0.25003	-1.38920	0.49516	0.00341
Cd	Total	276	0.00002	0.01412	0.00505	0.00386	0.35694	0.14665	-0.96632	0.29227	0.00231
	0	183	0.00000	0.01038	0.00053	0.00097	6.87132	0.17961	61.08088	0.35735	0.00026
	1	93	0.00005	0.00256	0.00046	0.00048	2.56266	0.25003	7.33870	0.49516	0.00031
Sn	Total	276	0.00000	0.01038	0.00051	0.00084	7.27706	0.14665	73.96268	0.29227	0.00028
	0	183	0.00001	0.00615	0.00211	0.00141	0.75263	0.17961	-0.04090	0.35735	0.00134
	1	93	0.00001	0.00509	0.00190	0.00112	0.86760	0.25003	0.67775	0.49516	0.00140
Sb	Total	276	0.00001	0.00615	0.00204	0.00132	0.82286	0.14665	0.23349	0.29227	0.00136
	0	183	0.00014	0.03615	0.00277	0.00315	6.78554	0.17961	68.64187	0.35735	0.00196
	1	93	0.00035	0.01203	0.00234	0.00173	2.56031	0.25003	10.59822	0.49516	0.00189
Cs	Total	276	0.00014	0.03615	0.00263	0.00276	6.96787	0.14665	78.81959	0.29227	0.00193
	0	183	0.00001	0.00031	0.00006	0.00005	2.36196	0.17961	8.41481	0.35735	0.00005
	1	93	0.00001	0.00049	0.00009	0.00009	2.46988	0.25003	7.31282	0.49516	0.00006
Ba	Total	276	0.00001	0.00049	0.00007	0.00007	3.03855	0.14665	12.97292	0.29227	0.00005
	0	183	0.00031	0.05973	0.01272	0.00783	1.78767	0.17961	7.03010	0.35735	0.01027
	1	93	0.00330	0.21284	0.01913	0.02325	6.62766	0.25003	53.38836	0.49516	0.01466
La	Total	276	0.00031	0.21284	0.01488	0.01519	8.59654	0.14665	106.05547	0.29227	0.01158
	0	183	0.00001	0.00171	0.00027	0.00020	3.10126	0.17961	16.68928	0.35735	0.00020
	1	93	0.00001	0.00281	0.00049	0.00055	2.52178	0.25003	7.33777	0.49516	0.00031
Ce	Total	276	0.00001	0.00281	0.00034	0.00038	3.78102	0.14665	18.86405	0.29227	0.00023
	0	183	0.00000	0.00338	0.00053	0.00040	3.50131	0.17961	19.50676	0.35735	0.00038
	1	93	0.00000	0.00685	0.00103	0.00120	2.87294	0.25003	10.06725	0.49516	0.00063
Pr	Total	276	0.00000	0.00685	0.00070	0.00080	4.29994	0.14665	24.85865	0.29227	0.00045
	0	183	0.00000	0.00038	0.00007	0.00005	1.97816	0.17961	6.95232	0.35735	0.00004
	1	93	0.00000	0.00069	0.00012	0.00013	2.40281	0.25003	7.15566	0.49516	0.00007
Nd	Total	276	0.00000	0.00069	0.00009	0.00009	3.32411	0.14665	16.09082	0.29227	0.00005
	0	183	0.00000	0.00154	0.00023	0.00020	2.85111	0.17961	13.95563	0.35735	0.00013
	1	93	0.00000	0.00278	0.00046	0.00056	2.50396	0.25003	6.99170	0.49516	0.00024
Hf	Total	276	0.00000	0.00278	0.00031	0.00038	3.78316	0.14665	18.58231	0.29227	0.00016
	0	183	0.00000	0.00171	0.00039	0.00038	1.19079	0.17961	1.23711	0.35735	0.00015
	1	93	0.00000	0.00172	0.00044	0.00034	1.21698	0.25003	3.11757	0.49516	0.00021
Ti	Total	276	0.00000	0.00172	0.00041	0.00036	1.16888	0.14665	1.62507	0.29227	0.00017
	0	183	0.00000	0.00495	0.00011	0.00042	10.16798	0.17961	109.63401	0.35735	0.00004
	1	93	0.00000	0.00023	0.00007	0.00006	1.08381	0.25003	0.44912	0.49516	0.00005
Pb	Total	276	0.00000	0.00495	0.00010	0.00034	12.33862	0.14665	163.16474	0.29227	0.00004
	0	183	0.00055	0.11077	0.01644	0.01464	2.80806	0.17961	11.49334	0.35735	0.01224
	1	93	0.00340	0.03913	0.01578	0.00814	0.93965	0.25003	0.55832	0.49516	0.01381
Th	Total	276	0.00055	0.11077	0.01622	0.01281	2.87384	0.14665	13.57594	0.29227	0.01275
	0	183	0.00000	0.00039	0.00009	0.00007	1.24854	0.17961	2.25799	0.35735	0.00003
	1	93	0.00000	0.00091	0.00015	0.00015	2.92729	0.25003	11.21955	0.49516	0.00007
U	Total	276	0.00000	0.00091	0.00011	0.00011	3.34412	0.14665	18.58198	0.29227	0.00004
	0	183	0.00000	0.00071	0.00013	0.00012	1.73144	0.17961	3.95245	0.35735	0.00007
	1	93	0.00000	0.00075	0.00013	0.00012	2.59379	0.25003	10.56035	0.49516	0.00008
	Total	276	0.00000	0.00075	0.00013	0.00012	1.97630	0.14665	5.67797	0.29227	0.00007

5. Resultados

Mo	0	183	0.00000	0.01695	0.00153	0.00251	2.84255	0.17961	12.22937	0.35735	0.00000
	1	93	0.00000	0.00626	0.00093	0.00156	1.60937	0.25003	1.55715	0.49516	0.00000
	Total	276	0.00000	0.01695	0.00133	0.00225	2.91662	0.14665	13.70871	0.29227	0.00000

b) Los cocientes de las variables respecto de la componente crustal de las estaciones de Bastarreche, Santa Ana y Mompéán se consideran conjuntamente en la fracción PM_{10} .

	Intrusión	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
$PM_{10}inC$	0	177	0.78812	13.75469	3.89658	1.82616	1.84223	0.18258	6.06802	0.36319	3.53672
	1	93	1.52617	9.24574	4.06597	1.83471	0.78664	0.25003	0.02398	0.49516	3.67808
	Total	270	0.78812	13.75469	3.95492	1.82748	1.46670	0.14825	3.80901	0.29544	3.58479
$PM_{10}MinC$	0	183	0.78812	15.85465	4.44978	2.13127	1.76122	0.17961	5.74578	0.35735	4.01778
	1	93	1.52617	9.84521	4.23982	1.83202	0.69917	0.25003	0.21673	0.49516	3.85558
	Total	276	0.78812	15.85465	4.37903	2.03443	1.52363	0.14665	4.75420	0.29227	3.96238
OM+ECinC	0	183	0.11608	6.73961	0.91933	0.73596	3.45997	0.17961	21.99187	0.35735	0.71439
	1	93	0.00961	1.81100	0.66178	0.42972	0.72139	0.25003	-0.04620	0.49516	0.47935
	Total	276	0.00961	6.73961	0.83255	0.65963	3.44634	0.14665	24.30990	0.29227	0.62452
Al_2O_3inCr	0	183	0.04156	0.15509	0.08514	0.01663	1.04727	0.17961	2.70757	0.35735	0.08362
	1	93	0.04789	0.16099	0.10885	0.02653	0.20374	0.25003	-0.82991	0.49516	0.10559
	Total	276	0.04156	0.16099	0.09313	0.02334	0.95840	0.14665	0.60211	0.29227	0.09045
CainC	0	183	0.05965	0.29114	0.18820	0.03422	-0.63728	0.17961	1.60876	0.35735	0.18455
	1	93	0.06999	0.28101	0.14631	0.04040	0.48659	0.25003	0.30961	0.49516	0.14080
	Total	276	0.05965	0.29114	0.17408	0.04141	-0.34423	0.14665	-0.07448	0.29227	0.16847
$Ca_{sol}inC$	0	45	0.03164	0.24712	0.14592	0.04412	-0.31056	0.35373	0.41322	0.69454	0.13761
	1	41	0.06934	0.28249	0.13587	0.03828	1.45716	0.36950	4.55875	0.72448	0.13114
	Total	86	0.03164	0.28249	0.14112	0.04151	0.38630	0.25968	1.31073	0.51390	0.13449
KinC	0	183	0.01881	0.25782	0.03688	0.02003	7.70550	0.17961	81.70154	0.35735	0.03453
	1	93	0.01812	0.06177	0.03397	0.00839	1.38669	0.25003	2.14815	0.49516	0.03307
	Total	276	0.01812	0.25782	0.03590	0.01705	8.41059	0.14665	104.43215	0.29227	0.03403
$K_{sol}inC$	0	45	0.00755	0.07619	0.03343	0.01305	1.02781	0.35373	1.84844	0.69454	0.03099
	1	41	0.01656	0.06745	0.03525	0.01197	0.83684	0.36950	0.27263	0.72448	0.03339
	Total	86	0.00755	0.07619	0.03430	0.01251	0.90840	0.25968	1.04995	0.51390	0.03211
NainC	0	183	0.00246	0.57063	0.10380	0.09586	1.73702	0.17961	3.58637	0.35735	0.06919
	1	93	0.01078	0.52760	0.12794	0.11118	1.48105	0.25003	1.97505	0.49516	0.08810
	Total	276	0.00246	0.57063	0.11193	0.10173	1.64510	0.14665	2.89258	0.29227	0.07506
$Na_{sol}inC$	0	45	0.01367	0.30212	0.08666	0.05792	1.79645	0.35373	4.39327	0.69454	0.07106
	1	41	0.01709	0.45880	0.12964	0.11243	1.61074	0.36950	1.87297	0.72448	0.09540
	Total	86	0.01367	0.45880	0.10715	0.09029	2.07696	0.25968	4.48521	0.51390	0.08178
MginC	0	183	0.01432	0.08212	0.02994	0.01053	1.56065	0.17961	3.53448	0.35735	0.02840
	1	93	0.01568	0.07635	0.03310	0.01271	1.44742	0.25003	1.92703	0.49516	0.03113
	Total	276	0.01432	0.08212	0.03100	0.01139	1.55095	0.14665	2.92253	0.29227	0.02929
$Mg_{sol}inC$	0	45	0.00526	0.04441	0.02242	0.00891	0.76383	0.35373	0.44308	0.69454	0.02069
	1	41	0.01153	0.07022	0.02779	0.01577	1.33510	0.36950	0.87276	0.72448	0.02439
	Total	86	0.00526	0.07022	0.02498	0.01286	1.58108	0.25968	2.55079	0.51390	0.02237
FeinC	0	183	0.02008	0.15171	0.04729	0.02002	1.31004	0.17961	3.25615	0.35735	0.04361
	1	93	0.02559	0.08146	0.04902	0.01254	0.19974	0.25003	-0.10205	0.49516	0.04736
	Total	276	0.02008	0.15171	0.04788	0.01784	1.19198	0.14665	3.58893	0.29227	0.04484
$SO_4^{2-}inC$	0	183	0.07987	1.67296	0.49909	0.28926	1.48125	0.17961	3.10370	0.35735	0.42539
	1	93	0.09814	1.93367	0.60985	0.33329	0.89193	0.25003	1.57671	0.49516	0.51495
	Total	276	0.07987	1.93367	0.53641	0.30868	1.24528	0.14665	2.26025	0.29227	0.45368

5. Resultados

NO ₃ ⁻ inC	0	183	0.01628	1.64603	0.31410	0.24875	2.25247	0.17961	7.11861	0.35735	0.24091
	1	93	0.06152	1.13743	0.31995	0.21588	1.29788	0.25003	1.92498	0.49516	0.25641
	Total	276	0.01628	1.64603	0.31607	0.23780	2.01552	0.14665	5.99295	0.29227	0.24602
Cl ⁻ inC	0	183	0.00048	0.78156	0.08361	0.09525	3.63570	0.17961	19.20547	0.35735	0.05374
	1	93	0.00568	0.56000	0.07576	0.07236	3.55197	0.25003	20.89537	0.49516	0.05258
	Total	276	0.00048	0.78156	0.08096	0.08815	3.70238	0.14665	20.53862	0.29227	0.05335
F ⁻ inC	0	45	0.00097	0.01008	0.00463	0.00206	0.82185	0.35373	0.15762	0.69454	0.00419
	1	41	0.00176	0.00865	0.00433	0.00167	0.92497	0.36950	0.48353	0.72448	0.00404
	Total	86	0.00097	0.01008	0.00448	0.00187	0.89557	0.25968	0.37183	0.51390	0.00412
NH ₄ ⁺ inC	0	183	0.00620	0.82070	0.15487	0.12792	2.06920	0.17961	5.84670	0.35735	0.11292
	1	93	0.00940	0.79762	0.18014	0.13753	1.86475	0.25003	5.21999	0.49516	0.13386
	Total	276	0.00620	0.82070	0.16338	0.13153	1.97679	0.14665	5.44812	0.29227	0.11958
Li ⁺ inC	0	183	0.00000	0.00086	0.00005	0.00006	11.28016	0.17961	141.45142	0.35735	0.00004
	1	93	0.00001	0.00010	0.00004	0.00001	0.75024	0.25003	4.25652	0.49516	0.00004
	Total	276	0.00000	0.00086	0.00005	0.00005	13.42588	0.14665	204.70044	0.29227	0.00004
P ⁻ inC	0	183	0.00010	0.00867	0.00297	0.00139	0.95248	0.17961	2.19668	0.35735	0.00259
	1	93	0.00021	0.00681	0.00257	0.00129	1.06311	0.25003	1.52392	0.49516	0.00226
	Total	276	0.00010	0.00867	0.00284	0.00137	0.98017	0.14665	1.94083	0.29227	0.00247
Ti ⁺ inC	0	183	0.00149	0.00548	0.00260	0.00056	1.72635	0.17961	5.29140	0.35735	0.00255
	1	93	0.00180	0.00487	0.00320	0.00079	0.32250	0.25003	-1.00531	0.49516	0.00311
	Total	276	0.00149	0.00548	0.00280	0.00071	1.11812	0.14665	0.95329	0.29227	0.00273
V ⁺ inC	0	183	0.00005	0.00646	0.00097	0.00101	2.65605	0.17961	8.86157	0.35735	0.00066
	1	93	0.00012	0.00609	0.00108	0.00106	3.17944	0.25003	12.03439	0.49516	0.00080
	Total	276	0.00005	0.00646	0.00101	0.00102	2.83173	0.14665	9.91362	0.29227	0.00070
Cr ⁺ inC	0	183	0.00000	0.00361	0.00023	0.00030	8.41587	0.17961	89.75261	0.35735	0.00017
	1	93	0.00000	0.00065	0.00019	0.00010	1.65371	0.25003	4.85915	0.49516	0.00017
	Total	276	0.00000	0.00361	0.00022	0.00025	9.60044	0.14665	122.28718	0.29227	0.00017
Mn ⁺ inC	0	183	0.00039	0.00513	0.00103	0.00048	3.85472	0.17961	28.08363	0.35735	0.00095
	1	93	0.00048	0.00179	0.00099	0.00029	0.85468	0.25003	0.24487	0.49516	0.00095
	Total	276	0.00039	0.00513	0.00102	0.00043	3.81368	0.14665	30.97778	0.29227	0.00095
Co ⁺ inC	0	183	0.00000	0.00034	0.00002	0.00003	8.89979	0.17961	101.17618	0.35735	0.00002
	1	93	0.00000	0.00009	0.00002	0.00001	2.48868	0.25003	13.47749	0.49516	0.00002
	Total	276	0.00000	0.00034	0.00002	0.00002	9.80845	0.14665	130.74289	0.29227	0.00002
Ni ⁺ inC	0	183	0.00002	0.00311	0.00051	0.00048	2.42663	0.17961	7.48476	0.35735	0.00036
	1	93	0.00002	0.00256	0.00051	0.00046	2.64931	0.25003	8.87712	0.49516	0.00037
	Total	276	0.00002	0.00311	0.00051	0.00047	2.48320	0.14665	7.75645	0.29227	0.00036
Cu ⁺ inC	0	183	0.00001	0.01469	0.00170	0.00172	3.32790	0.17961	19.47255	0.35735	0.00093
	1	93	0.00001	0.00409	0.00114	0.00087	0.85187	0.25003	0.50269	0.49516	0.00071
	Total	276	0.00001	0.01469	0.00151	0.00151	3.53743	0.14665	23.65164	0.29227	0.00085
Zn ⁺ inC	0	183	0.00027	0.35438	0.04715	0.06370	2.39038	0.17961	6.87662	0.35735	0.01484
	1	93	0.00034	0.25505	0.04980	0.05155	1.63598	0.25003	3.46439	0.49516	0.01888
	Total	276	0.00027	0.35438	0.04804	0.05980	2.23881	0.14665	6.42120	0.29227	0.01609
As ⁺ inC	0	183	0.00001	0.00051	0.00010	0.00008	2.43692	0.17961	7.16071	0.35735	0.00008
	1	93	0.00002	0.00041	0.00010	0.00007	2.07182	0.25003	5.39624	0.49516	0.00007
	Total	276	0.00001	0.00051	0.00010	0.00008	2.36727	0.14665	6.94224	0.29227	0.00008
Se ⁺ inC	0	183	0.00000	0.00034	0.00006	0.00005	1.61740	0.17961	4.61290	0.35735	0.00004
	1	93	0.00000	0.00029	0.00006	0.00005	2.06748	0.25003	6.98503	0.49516	0.00004
	Total	276	0.00000	0.00034	0.00006	0.00005	1.75986	0.14665	5.29909	0.29227	0.00004
Rb ⁺ inC	0	183	0.00005	0.00037	0.00008	0.00003	6.38127	0.17961	52.59966	0.35735	0.00008
	1	93	0.00006	0.00012	0.00009	0.00001	-0.07150	0.25003	-0.28709	0.49516	0.00009
	Total	276	0.00005	0.00037	0.00009	0.00003	6.89512	0.14665	67.53066	0.29227	0.00008
Sr ⁺ inC	0	183	0.00042	0.00127	0.00069	0.00014	1.25812	0.17961	3.25196	0.35735	0.00068

5. Resultados

	1	93	0.00039	0.00107	0.00062	0.00013	0.89136	0.25003	1.04658	0.49516	0.00061
	Total	276	0.00039	0.00127	0.00067	0.00014	1.05687	0.14665	2.45051	0.29227	0.00065
YinC	0	183	0.00000	0.00007	0.00002	0.00001	1.52530	0.17961	3.11710	0.35735	0.00001
	1	93	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	1.28678	0.25003	2.77125	0.49516	0.00001
	Total	276	0.00000	0.00007	0.00002	0.00001	1.42787	0.14665	2.92003	0.29227	0.00001
ZrinC	0	183	0.00000	0.00236	0.00049	0.00047	1.31557	0.17961	1.80038	0.35735	0.00020
	1	93	0.00000	0.00335	0.00065	0.00065	1.41990	0.25003	2.56086	0.49516	0.00029
	Total	276	0.00000	0.00335	0.00054	0.00054	1.50683	0.14665	3.04151	0.29227	0.00023
CdinC	0	183	0.00000	0.00092	0.00006	0.00009	5.97830	0.17961	51.14847	0.35735	0.00003
	1	93	0.00000	0.00026	0.00005	0.00005	2.54482	0.25003	7.34031	0.49516	0.00003
	Total	276	0.00000	0.00092	0.00005	0.00008	6.02576	0.14665	56.60444	0.29227	0.00003
SninC	0	183	0.00000	0.00140	0.00025	0.00021	2.08685	0.17961	7.49501	0.35735	0.00014
	1	93	0.00000	0.00085	0.00020	0.00016	1.24002	0.25003	2.28442	0.49516	0.00012
	Total	276	0.00000	0.00140	0.00023	0.00019	2.02576	0.14665	7.54740	0.29227	0.00013
SbinC	0	183	0.00002	0.00394	0.00031	0.00036	6.15632	0.17961	59.55238	0.35735	0.00021
	1	93	0.00001	0.00131	0.00024	0.00021	2.36555	0.25003	8.33264	0.49516	0.00016
	Total	276	0.00001	0.00394	0.00029	0.00032	6.15944	0.14665	65.39733	0.29227	0.00019
CsinC	0	183	0.00000	0.00005	0.00001	0.00000	6.36444	0.17961	58.87618	0.35735	0.00001
	1	93	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	-1.09911	0.25003	1.49484	0.49516	0.00001
	Total	276	0.00000	0.00005	0.00001	0.00000	6.50326	0.14665	70.79718	0.29227	0.00001
BainC	0	183	0.00006	0.00459	0.00131	0.00074	1.05398	0.17961	1.98099	0.35735	0.00109
	1	93	0.00039	0.00548	0.00145	0.00083	1.99951	0.25003	6.10186	0.49516	0.00126
	Total	276	0.00006	0.00548	0.00136	0.00077	1.45554	0.14665	3.94474	0.29227	0.00115
LainC	0	183	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	0.13110	0.17961	0.28495	0.35735	0.00002
	1	93	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	-0.35743	0.25003	-0.27870	0.49516	0.00003
	Total	276	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	0.01766	0.14665	-0.15781	0.29227	0.00002
CeinC	0	183	0.00000	0.00012	0.00005	0.00002	-0.25815	0.17961	0.69946	0.35735	0.00004
	1	93	0.00000	0.00013	0.00006	0.00003	-0.17102	0.25003	-0.27856	0.49516	0.00005
	Total	276	0.00000	0.00013	0.00005	0.00002	-0.03910	0.14665	0.27690	0.29227	0.00004
PrinC	0	183	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	1.72637	0.17961	6.25850	0.35735	0.00000
	1	93	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	1.44822	0.25003	5.46780	0.49516	0.00001
	Total	276	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	1.60302	0.14665	5.67585	0.29227	0.00000
NdinC	0	183	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	0.28780	0.17961	0.31889	0.35735	0.00001
	1	93	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	-0.34156	0.25003	-0.72739	0.49516	0.00002
	Total	276	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	0.07808	0.14665	-0.27404	0.29227	0.00002
HfinC	0	183	0.00000	0.00031	0.00004	0.00005	2.34366	0.17961	7.56269	0.35735	0.00002
	1	93	0.00000	0.00017	0.00004	0.00004	1.12305	0.25003	1.28361	0.49516	0.00002
	Total	276	0.00000	0.00031	0.00004	0.00005	2.16149	0.14665	7.11154	0.29227	0.00002
TlinC	0	183	0.00000	0.00041	0.00001	0.00004	9.33636	0.17961	93.70537	0.35735	0.00000
	1	93	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	1.61335	0.25003	2.73526	0.49516	0.00000
	Total	276	0.00000	0.00041	0.00001	0.00003	11.21439	0.14665	137.62883	0.29227	0.00000
PbinC	0	183	0.00011	0.01573	0.00186	0.00181	3.55334	0.17961	20.65114	0.35735	0.00130
	1	93	0.00017	0.00350	0.00150	0.00091	0.59531	0.25003	-0.62488	0.49516	0.00119
	Total	276	0.00011	0.01573	0.00174	0.00157	3.75731	0.14665	25.36718	0.29227	0.00126
ThinC	0	183	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	2.87577	0.17961	14.85451	0.35735	0.00000
	1	93	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.42665	0.25003	0.52159	0.49516	0.00001
	Total	276	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	2.54284	0.14665	14.21619	0.29227	0.00000
UinC	0	183	0.00000	0.00016	0.00002	0.00002	3.82993	0.17961	19.44514	0.35735	0.00001
	1	93	0.00000	0.00009	0.00001	0.00001	3.28766	0.25003	14.58666	0.49516	0.00001
	Total	276	0.00000	0.00016	0.00002	0.00002	3.96353	0.14665	21.66784	0.29227	0.00001
Moin	0	183	0.00000	0.00150	0.00016	0.00027	2.27757	0.17961	5.98640	0.35735	0.00000
	1	93	0.00000	0.00077	0.00006	0.00014	3.06408	0.25003	10.52807	0.49516	0.00000

5. Resultados

Total	276	0.00000	0.00150	0.00013	0.00024	2.63392	0.14665	8.33039	0.29227	0.00000
-------	-----	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

c) Los datos de las variables se segmentan por estación de muestreo (Estac.) en la fracción PM₁₀. 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana.

	Estac.	Intr.	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀	1	0	387	8.40203	340.34211	37.11819	21.07675	8.00847	0.12404	110.69103	0.24744	33.79881
		1	173	8.59852	139.79088	42.06372	15.50441	1.96094	0.18464	9.26364	0.36726	39.59097
		Total	560	8.40203	340.34211	38.64601	19.64548	7.02772	0.10323	100.08368	0.20610	35.49140
	2	0	652	8.23065	109.93906	30.46606	11.12479	1.61740	0.09571	6.47916	0.19113	28.66563
		1	388	15.56163	131.26438	36.66419	12.24683	2.06283	0.12388	10.70052	0.24713	34.95649
		Total	1040	8.23065	131.26438	32.77844	11.93330	1.72310	0.07585	7.90793	0.15155	30.86797
	3	0	68	14.00000	107.00000	40.92647	15.56720	1.07539	0.29076	3.55964	0.57400	38.04212
		1	24	21.00000	122.00000	58.41667	28.39767	0.83005	0.47226	0.02556	0.91778	52.22457
		Total	92	14.00000	122.00000	45.48913	21.02092	1.45975	0.25134	2.98175	0.49771	41.32026
PM ₁₀ M	1	0	70	18.97670	71.21794	44.54071	12.57292	-0.27481	0.28675	-0.62681	0.56627	42.53754
		1	28	28.30913	86.88681	53.17974	14.57932	0.15350	0.44052	-0.36662	0.85833	51.16730
		Total	98	18.97670	86.88681	47.00900	13.67483	0.02599	0.24376	-0.17810	0.48296	44.84277
	2	0	45	18.74285	71.61278	32.60945	10.34200	1.43007	0.35373	3.36181	0.69454	31.22111
		1	41	16.34058	66.03678	38.28452	9.18125	0.63164	0.36950	1.25711	0.72448	37.21298
		Total	86	16.34058	71.61278	35.31501	10.15692	0.88664	0.25968	1.49430	0.51390	33.94675
	3	0	68	14.00000	107.00000	40.92647	15.56720	1.07539	0.29076	3.55964	0.57400	38.04212
		1	24	21.00000	122.00000	58.41667	28.39767	0.83005	0.47226	0.02556	0.91778	52.22457
		Total	92	14.00000	122.00000	45.48913	21.02092	1.45975	0.25134	2.98175	0.49771	41.32026
OM+EC	1	0	70	3.64007	26.33766	11.76794	5.27759	0.93636	0.28675	0.30642	0.56627	10.69767
		1	28	4.67394	18.60139	10.06439	3.34311	0.47868	0.44052	-0.02437	0.85833	9.52660
		Total	98	3.64007	26.33766	11.28121	4.84998	1.04580	0.24376	0.85231	0.48296	10.34912
	2	0	45	3.72552	11.18737	6.17949	1.67862	1.14941	0.35373	1.33379	0.69454	5.97964
		1	41	3.26906	10.64070	5.84152	1.66896	1.16874	0.36950	1.36981	0.72448	5.63380
		Total	86	3.26906	11.18737	6.01837	1.67279	1.12215	0.25968	1.17862	0.51390	5.81219
	3	0	68	0.99200	12.54212	5.08072	2.50294	0.95158	0.29076	0.55357	0.57400	4.50671
		1	24	0.50000	6.92335	3.46960	1.81158	0.15540	0.47226	-0.91176	0.91778	2.89535
		Total	92	0.50000	12.54212	4.66043	2.43884	0.94000	0.25134	0.89173	0.49771	4.01543
Al ₂ O ₃	1	0	70	0.08088	2.24500	0.73596	0.33800	1.77332	0.28675	5.82587	0.56627	0.66555
		1	28	0.35429	6.01427	1.75222	1.58273	1.45725	0.44052	1.21414	0.85833	1.23692
		Total	98	0.08088	6.01427	1.02632	0.99573	3.18585	0.24376	11.07075	0.48296	0.79449
	2	0	45	0.26240	4.82886	0.95510	0.78671	3.21119	0.35373	13.08784	0.69454	0.78465
		1	41	0.23222	3.17428	1.01497	0.59257	1.92165	0.36950	4.42760	0.72448	0.88511
		Total	86	0.23222	4.82886	0.98364	0.69751	2.83732	0.25968	11.12693	0.51390	0.83104
	3	0	68	0.13373	7.09986	1.19472	1.01682	3.43640	0.29076	16.66273	0.57400	0.93729
		1	24	0.34963	12.02533	3.45749	3.44892	1.43945	0.47226	1.35428	0.91778	2.10457
		Total	92	0.13373	12.02533	1.78501	2.18307	3.05372	0.25134	10.33814	0.49771	1.15749
Ca	1	0	70	0.28055	4.72250	1.81605	0.80788	1.07671	0.28675	2.01011	0.56627	1.64275
		1	28	0.65207	3.60103	1.87628	0.76023	0.41796	0.44052	-0.08393	0.85833	1.71795
		Total	98	0.28055	4.72250	1.83326	0.79113	0.90008	0.24376	1.40506	0.48296	1.66389
	2	0	45	0.66539	4.62404	1.52418	0.74687	2.56593	0.35373	8.17239	0.69454	1.40271
		1	41	0.38352	2.20842	1.26235	0.39495	0.24999	0.36950	-0.00231	0.72448	1.19699
		Total	86	0.38352	4.62404	1.39936	0.61600	2.68674	0.25968	11.26095	0.51390	1.30056
	3	0	68	0.23661	9.12215	2.69391	1.83216	1.45511	0.29076	2.67294	0.57400	2.11974
		1	24	0.48666	8.62849	3.32542	2.30135	1.00373	0.47226	0.21658	0.91778	2.61258
		Total	92	0.23661	9.12215	2.85866	1.97176	1.32094	0.25134	1.65198	0.49771	2.23855
Ca _{sol}	2	0	45	0.65000	2.22740	1.22665	0.30090	1.61267	0.35373	3.98564	0.69454	1.19528

5. Resultados

		1	41	0.38000	1.80000	1.16067	0.24916	-0.18481	0.36950	2.58842	0.72448	1.12971
		Total	86	0.38000	2.22740	1.19519	0.27782	1.04309	0.25968	3.94535	0.51390	1.16356
K	1	0	70	0.10162	0.82397	0.30480	0.13501	1.53742	0.28675	3.24298	0.56627	0.28029
		1	28	0.13269	1.20409	0.42613	0.27669	1.42745	0.44052	1.44057	0.85833	0.35807
		Total	98	0.10162	1.20409	0.33947	0.19316	2.09343	0.24376	5.36802	0.48296	0.30060
	2	0	45	0.14000	0.93472	0.34879	0.16043	1.51793	0.35373	2.94719	0.69454	0.31907
		1	41	0.14921	0.83452	0.33690	0.13432	1.72163	0.36950	4.12461	0.72448	0.31563
		Total	86	0.14000	0.93472	0.34313	0.14781	1.59643	0.25968	3.28206	0.51390	0.31743
	3	0	68	0.11298	1.20943	0.42936	0.21142	1.31032	0.29076	2.63028	0.57400	0.38316
		1	24	0.15580	2.22323	0.77994	0.62231	1.21604	0.47226	0.63496	0.91778	0.57908
		Total	92	0.11298	2.22323	0.52082	0.39338	2.48231	0.25134	7.42631	0.49771	0.42674
K _{sol}	2	0	45	0.16000	0.54000	0.27649	0.06726	1.41558	0.35373	5.10690	0.69454	0.26916
		1	41	0.14000	0.57445	0.29759	0.08474	1.68753	0.36950	3.58527	0.72448	0.28764
		Total	86	0.14000	0.57445	0.28655	0.07638	1.64097	0.25968	4.30479	0.51390	0.27782
Na	1	0	70	0.06279	2.24796	0.74223	0.55101	1.02595	0.28675	0.05526	0.56627	0.55889
		1	28	0.17145	2.77306	0.96212	0.66223	1.42023	0.44052	1.67069	0.85833	0.78358
		Total	98	0.06279	2.77306	0.80505	0.58993	1.20811	0.24376	1.01650	0.48296	0.61554
	2	0	45	0.21034	4.20797	1.28297	1.11446	1.19242	0.35373	0.45183	0.69454	0.88771
		1	41	0.21407	3.16659	1.41191	0.84583	0.50105	0.36950	-0.70602	0.72448	1.13251
		Total	86	0.21034	4.20797	1.34444	0.99186	0.94611	0.25968	0.15100	0.51390	0.99701
	3	0	68	0.00703	3.11760	0.92614	0.78292	1.18527	0.29076	0.59289	0.57400	0.62110
		1	24	0.07873	5.29011	1.55682	1.20667	1.63644	0.47226	2.90949	0.91778	1.16656
		Total	92	0.00703	5.29011	1.09067	0.94702	1.67041	0.25134	3.67449	0.49771	0.73210
Na _{sol}	2	0	45	0.16293	3.06261	0.73076	0.49407	2.90477	0.35373	11.59110	0.69454	0.61723
		1	41	0.15747	2.75187	0.99181	0.64200	1.41653	0.36950	1.38830	0.72448	0.82184
		Total	86	0.15747	3.06261	0.85521	0.58097	1.95056	0.25968	4.01276	0.51390	0.70750
Mg	1	0	70	0.03460	0.58786	0.26877	0.09660	0.37348	0.28675	1.19186	0.56627	0.24831
		1	28	0.14794	0.93816	0.39360	0.21857	1.27093	0.44052	0.98441	0.85833	0.34490
		Total	98	0.03460	0.93816	0.30443	0.15215	1.93650	0.24376	5.54419	0.48296	0.27275
	2	0	45	0.12434	0.91416	0.33996	0.18812	1.16552	0.35373	0.78179	0.69454	0.29709
		1	41	0.07384	0.57984	0.33694	0.12115	0.10562	0.36950	-0.80218	0.72448	0.31291
		Total	86	0.07384	0.91416	0.33852	0.15883	1.01396	0.25968	1.09915	0.51390	0.30453
	3	0	68	0.06015	1.02672	0.31421	0.17737	1.43955	0.29076	3.32453	0.57400	0.26909
		1	24	0.11446	1.58989	0.62229	0.45517	1.15959	0.47226	0.28772	0.91778	0.48540
		Total	92	0.06015	1.58989	0.39458	0.30664	2.26863	0.25134	5.90720	0.49771	0.31386
Mg _{sol}	2	0	45	0.09891	0.45015	0.18667	0.05786	2.41701	0.35373	9.89306	0.69454	0.17967
		1	41	0.11399	0.47619	0.22161	0.08013	1.52988	0.36950	2.23502	0.72448	0.21006
		Total	86	0.09891	0.47619	0.20333	0.07115	1.88588	0.25968	4.30739	0.51390	0.19357
Fe	1	0	70	0.11912	1.71131	0.52474	0.27252	1.75494	0.28675	4.85040	0.56627	0.46726
		1	28	0.20721	2.08100	0.74078	0.48806	1.39518	0.44052	1.19963	0.85833	0.61904
		Total	98	0.11912	2.08100	0.58647	0.35883	1.95038	0.24376	4.41909	0.48296	0.50636
	2	0	45	0.21143	1.76792	0.53327	0.27699	2.33190	0.35373	8.11528	0.69454	0.48250
		1	41	0.18715	1.13506	0.49295	0.21068	1.12401	0.36950	1.51874	0.72448	0.45338
		Total	86	0.18715	1.76792	0.51405	0.24701	2.05056	0.25968	7.13983	0.51390	0.46839
	3	0	68	0.05709	1.88740	0.39131	0.27823	2.78937	0.29076	11.92049	0.57400	0.32291
		1	24	0.12895	3.68267	1.03948	1.03160	1.56326	0.47226	1.75389	0.91778	0.66239
		Total	92	0.05709	3.68267	0.56039	0.63865	3.23211	0.25134	11.87251	0.49771	0.38947
SO ₄ ²⁻	1	0	70	1.43875	12.30071	4.63393	2.11688	1.06486	0.28675	2.01918	0.56627	4.18165
		1	28	2.44912	11.65568	7.01712	2.28203	0.19898	0.44052	-0.38840	0.85833	6.62913
		Total	98	1.43875	12.30071	5.31484	2.41003	0.70583	0.24376	0.28773	0.48296	4.77003
	2	0	45	1.82309	9.72416	4.66230	2.04280	0.45020	0.35373	-0.74777	0.69454	4.22203
		1	41	0.90800	12.54034	5.83986	2.26642	0.29440	0.36950	0.97413	0.72448	5.30643
		Total	86	0.90800	12.54034	5.22370	2.21977	0.40080	0.25968	0.14710	0.51390	4.70818
	3	0	68	1.02181	13.63586	4.12415	1.97767	1.75184	0.29076	6.87889	0.57400	3.69755

5. Resultados

NO ₃ ⁻	1	1	24	1.61701	14.33926	7.15786	2.91811	0.28242	0.47226	0.64047	0.91778	6.46226
		Total	92	1.02181	14.33926	4.91555	2.61265	1.23542	0.25134	2.10977	0.49771	4.27728
		0	70	0.11748	8.38441	2.57305	2.04992	1.27975	0.28675	0.72374	0.56627	1.88582
	2	1	28	0.98849	7.37974	2.95671	1.96511	1.00353	0.44052	-0.24633	0.85833	2.42597
		Total	98	0.11748	8.38441	2.68267	2.02347	1.16953	0.24376	0.35146	0.48296	2.02653
		0	45	0.89209	6.66471	2.41155	0.97351	1.97519	0.35373	7.61930	0.69454	2.24899
	3	1	41	1.65316	7.19218	3.24213	1.24836	1.56990	0.36950	2.54419	0.72448	3.05301
		Total	86	0.89209	7.19218	2.80752	1.18240	1.64042	0.25968	3.67465	0.51390	2.60178
		0	68	0.42000	11.18000	3.42485	2.24513	1.23834	0.29076	1.48320	0.57400	2.75685
	Cl ⁻	1	24	0.89000	11.08000	4.26958	2.56746	1.08483	0.47226	0.70254	0.91778	3.60044
		Total	92	0.42000	11.18000	3.64522	2.34870	1.18281	0.25134	1.14115	0.49771	2.95569
		0	70	0.00349	2.79797	0.52493	0.52727	2.10319	0.28675	5.52194	0.56627	0.32864
F ⁻	1	1	28	0.09847	3.33519	0.60112	0.67628	2.89987	0.44052	9.87021	0.85833	0.40468
		Total	98	0.00349	3.33519	0.54670	0.57120	2.48021	0.24376	7.77717	0.48296	0.34878
		0	45	0.14029	2.14399	0.66456	0.32782	2.22464	0.35373	8.80839	0.69454	0.59728
	2	1	41	0.26225	1.67482	0.69935	0.30971	1.17193	0.36950	1.47825	0.72448	0.63934
		Total	86	0.14029	2.14399	0.68114	0.31792	1.72203	0.25968	5.19384	0.51390	0.61698
		0	68	0.33000	4.27000	0.83662	0.63032	3.18452	0.29076	13.53026	0.57400	0.70636
	3	1	24	0.43000	5.05000	1.16833	1.09343	2.56337	0.47226	6.91562	0.91778	0.90655
		Total	92	0.33000	5.05000	0.92315	0.78496	3.16192	0.25134	11.91768	0.49771	0.75386
		0	45	0.02311	0.06367	0.03686	0.00649	2.60148	0.35373	9.84172	0.69454	0.03640
	F ⁻	1	41	0.01996	0.06695	0.03575	0.00875	1.38182	0.36950	3.47961	0.72448	0.03481
		Total	86	0.01996	0.06695	0.03633	0.00762	1.70427	0.25968	5.24113	0.51390	0.03563
		0	45	0.04473	3.10943	1.11468	0.64378	0.74803	0.28675	0.36690	0.56627	0.90272
NH ₄ ⁺	1	1	28	0.46533	4.65203	1.67789	0.99077	1.80963	0.44052	3.86861	0.85833	1.45275
		Total	98	0.04473	4.65203	1.27559	0.79590	1.61181	0.24376	4.61351	0.48296	1.03417
		0	45	0.32497	2.89896	1.23254	0.47879	0.78536	0.35373	2.49633	0.69454	1.13646
	2	1	41	1.13890	3.65774	1.68886	0.53148	1.86427	0.36950	3.97811	0.72448	1.62459
		Total	86	0.32497	3.65774	1.45009	0.55150	1.14020	0.25968	3.07741	0.51390	1.34753
		0	45	0.21000	6.50000	1.53912	1.17102	1.99384	0.29076	5.28108	0.57400	1.20315
	3	1	24	0.36000	7.27000	1.99875	1.71628	2.26657	0.47226	5.04850	0.91778	1.55025
		Total	92	0.21000	7.27000	1.65902	1.33989	2.27238	0.25134	6.21131	0.49771	1.28539
		0	70	0.00005	0.00081	0.00038	0.00019	0.27044	0.28675	-0.30964	0.56627	0.00032
	Li	1	28	0.00013	0.00131	0.00058	0.00030	0.63600	0.44052	0.07511	0.85833	0.00050
		Total	98	0.00005	0.00131	0.00044	0.00024	0.91786	0.24376	1.37527	0.48296	0.00036
		0	45	0.00015	0.00157	0.00042	0.00026	2.47435	0.35373	8.04645	0.69454	0.00036
P	1	1	41	0.00011	0.00124	0.00041	0.00021	2.05860	0.36950	6.05877	0.72448	0.00037
		Total	86	0.00011	0.00157	0.00041	0.00024	2.35202	0.25968	7.55724	0.51390	0.00037
		0	68	0.00004	0.00555	0.00054	0.00071	5.49188	0.29076	37.43456	0.57400	0.00035
	2	1	24	0.00004	0.00431	0.00118	0.00120	1.60035	0.47226	2.00619	0.91778	0.00071
		Total	92	0.00004	0.00555	0.00071	0.00090	3.33296	0.25134	12.91921	0.49771	0.00042
		0	70	0.00193	0.06127	0.02649	0.01280	0.18988	0.28675	0.04120	0.56627	0.02203
	3	1	28	0.00193	0.06126	0.03110	0.01254	-0.00529	0.44052	0.69110	0.85833	0.02727
		Total	98	0.00193	0.06127	0.02781	0.01284	0.12221	0.24376	0.06421	0.48296	0.02341
		0	45	0.00174	0.05642	0.02571	0.01234	0.54817	0.35373	0.42495	0.69454	0.02207
	Ti	1	41	0.00399	0.05055	0.02562	0.01014	-0.06718	0.36950	-0.00438	0.72448	0.02306
		Total	86	0.00174	0.05642	0.02567	0.01128	0.34370	0.25968	0.34474	0.51390	0.02253
		0	68	0.00054	0.08031	0.03446	0.01680	0.29501	0.29076	-0.16094	0.57400	0.02878
Ti	1	1	24	0.00494	0.11633	0.04115	0.03079	1.21663	0.47226	1.09341	0.91778	0.03092
		Total	92	0.00054	0.11633	0.03620	0.02136	1.22978	0.25134	2.78432	0.49771	0.02932
		0	70	0.00206	0.06441	0.02307	0.01020	1.29583	0.28675	3.50713	0.56627	0.02082
	2	1	28	0.00944	0.17080	0.05164	0.04391	1.40161	0.44052	1.16659	0.85833	0.03748
		Total	98	0.00206	0.17080	0.03123	0.02791	3.03937	0.24376	10.39967	0.48296	0.02463
		0	45	0.00957	0.15116	0.02822	0.02290	3.93546	0.35373	19.04919	0.69454	0.02397

5. Resultados

V	3	1	41	0.00905	0.09486	0.02936	0.01768	2.11791	0.36950	5.48109	0.72448	0.02556
		Total	86	0.00905	0.15116	0.02876	0.02047	3.39543	0.25968	15.67913	0.51390	0.02472
		0	68	0.00337	0.18328	0.03412	0.02607	3.21345	0.29076	15.38943	0.57400	0.02782
	1	1	24	0.01098	0.34923	0.09928	0.09973	1.51735	0.47226	1.52983	0.91778	0.06171
		Total	92	0.00337	0.34923	0.05112	0.06198	3.23190	0.25134	11.59612	0.49771	0.03425
		0	70	0.00091	0.04404	0.00892	0.00856	1.86508	0.28675	3.89531	0.56627	0.00597
	2	1	28	0.00179	0.04655	0.01462	0.01309	1.46943	0.44052	1.13850	0.85833	0.01034
		Total	98	0.00091	0.04655	0.01055	0.01032	1.86183	0.24376	3.31440	0.48296	0.00698
		0	45	0.00121	0.04856	0.01206	0.01055	1.55838	0.35373	2.44356	0.69454	0.00842
	3	1	41	0.00139	0.04568	0.01223	0.01081	1.55136	0.36950	2.04603	0.72448	0.00855
		Total	86	0.00121	0.04856	0.01214	0.01061	1.52755	0.25968	2.04585	0.51390	0.00848
		0	68	0.00023	0.03176	0.00751	0.00646	1.68227	0.29076	3.03404	0.57400	0.00527
Cr	1	1	24	0.00107	0.03328	0.01251	0.00894	0.91606	0.47226	0.02837	0.91778	0.00942
		Total	92	0.00023	0.03328	0.00881	0.00747	1.44980	0.25134	1.74098	0.49771	0.00614
		0	70	0.00001	0.04390	0.00293	0.00519	7.32531	0.28675	58.30334	0.56627	0.00155
	2	1	28	0.00002	0.00883	0.00292	0.00216	1.07424	0.44052	0.99223	0.85833	0.00193
		Total	98	0.00001	0.04390	0.00293	0.00452	7.83784	0.24376	70.84560	0.48296	0.00165
		0	45	0.00046	0.00457	0.00174	0.00083	0.96813	0.35373	1.77058	0.69454	0.00155
	3	1	41	0.00051	0.00352	0.00186	0.00076	0.39905	0.36950	-0.59704	0.72448	0.00170
		Total	86	0.00046	0.00457	0.00180	0.00079	0.69856	0.25968	0.65155	0.51390	0.00162
		0	68	0.00010	0.00934	0.00202	0.00137	2.47449	0.29076	11.11812	0.57400	0.00164
	Mn	1	24	0.00054	0.00854	0.00326	0.00225	1.22850	0.47226	0.86425	0.91778	0.00261
		Total	92	0.00010	0.00934	0.00234	0.00172	2.03567	0.25134	5.28031	0.49771	0.00185
		0	70	0.00249	0.05787	0.01154	0.00781	3.35623	0.28675	17.34038	0.56627	0.00990
Co	1	1	28	0.00376	0.03734	0.01388	0.00817	1.23376	0.44052	1.35346	0.85833	0.01187
		Total	98	0.00249	0.05787	0.01221	0.00794	2.61959	0.24376	11.06960	0.48296	0.01043
		0	45	0.00415	0.03436	0.01111	0.00629	2.22050	0.35373	5.99312	0.69454	0.00990
	2	1	41	0.00403	0.01958	0.01010	0.00379	0.72308	0.36950	0.05515	0.72448	0.00944
		Total	86	0.00403	0.03436	0.01063	0.00524	2.19973	0.25968	7.27253	0.51390	0.00968
		0	68	0.00149	0.03265	0.00915	0.00568	1.65393	0.29076	4.01757	0.57400	0.00763
	3	1	24	0.00309	0.06285	0.01929	0.01740	1.53274	0.47226	1.74813	0.91778	0.01341
		Total	92	0.00149	0.06285	0.01180	0.01097	2.87893	0.25134	10.10268	0.49771	0.00884
		0	70	0.00003	0.00096	0.00029	0.00019	1.30494	0.28675	1.84309	0.56627	0.00024
	Ni	1	28	0.00003	0.00131	0.00042	0.00032	1.36170	0.44052	1.23076	0.85833	0.00032
		Total	98	0.00003	0.00131	0.00033	0.00024	1.72590	0.24376	3.47766	0.48296	0.00026
		0	45	0.00000	0.00057	0.00016	0.00011	1.40559	0.35373	3.54297	0.69454	0.00012
Cu	1	1	41	0.00000	0.00046	0.00017	0.00010	0.95602	0.36950	0.78320	0.72448	0.00014
		Total	86	0.00000	0.00057	0.00017	0.00010	1.17497	0.25968	2.14199	0.51390	0.00013
		0	68	0.00001	0.00074	0.00023	0.00016	1.14344	0.29076	1.06621	0.57400	0.00017
	2	1	24	0.00001	0.00182	0.00047	0.00049	1.81712	0.47226	2.77121	0.91778	0.00030
		Total	92	0.00001	0.00182	0.00030	0.00030	3.05402	0.25134	11.89419	0.49771	0.00020
		0	70	0.00041	0.02764	0.00614	0.00547	1.76037	0.28675	3.28336	0.56627	0.00432
	3	1	28	0.00102	0.02761	0.00811	0.00701	1.68680	0.44052	2.10709	0.85833	0.00603
		Total	98	0.00041	0.02764	0.00671	0.00598	1.77435	0.24376	2.97016	0.48296	0.00475
		0	45	0.00019	0.01818	0.00475	0.00412	1.42171	0.35373	1.91961	0.69454	0.00309
	Ni	1	41	0.00019	0.01807	0.00509	0.00462	1.29712	0.36950	1.29292	0.72448	0.00304
		Total	86	0.00019	0.01818	0.00492	0.00434	1.34425	0.25968	1.46776	0.51390	0.00306
		0	68	0.00032	0.01722	0.00383	0.00322	1.99964	0.29076	5.45040	0.57400	0.00278
Cu	1	1	24	0.00106	0.01996	0.00662	0.00508	1.24145	0.47226	1.08253	0.91778	0.00498
		Total	92	0.00032	0.01996	0.00456	0.00396	1.83028	0.25134	3.74506	0.49771	0.00324
		0	70	0.00483	0.08002	0.01972	0.01328	1.85859	0.28675	5.18072	0.56627	0.01633
	2	1	28	0.00456	0.02486	0.01449	0.00583	0.00370	0.44052	-1.05681	0.85833	0.01318
		Total	98	0.00456	0.08002	0.01823	0.01186	2.11457	0.24376	7.12245	0.48296	0.01536
		0	45	0.00404	0.08969	0.01882	0.01456	2.92827	0.35373	12.28301	0.69454	0.01526

5. Resultados

Zn	3	1	41	0.00277	0.03765	0.01339	0.00781	1.39770	0.36950	2.76608	0.72448	0.01138
		Total	86	0.00277	0.08969	0.01623	0.01208	3.12217	0.25968	15.66345	0.51390	0.01327
		0	68	0.00017	0.09303	0.00827	0.01302	4.71240	0.29076	27.75708	0.57400	0.00316
	1	1	24	0.00017	0.01823	0.00545	0.00451	0.99200	0.47226	1.31903	0.91778	0.00278
		Total	92	0.00017	0.09303	0.00753	0.01147	5.21570	0.25134	35.21056	0.49771	0.00306
		0	70	0.06429	3.86875	0.51243	0.52111	4.16376	0.28675	24.61342	0.56627	0.37233
	2	1	28	0.16770	1.47524	0.48621	0.28671	1.68735	0.44052	3.94651	0.85833	0.42122
		Total	98	0.06429	3.86875	0.50494	0.46497	4.27023	0.24376	27.78848	0.48296	0.38569
		0	45	0.09962	4.35940	0.81101	0.72176	3.08287	0.35373	12.97807	0.69454	0.61595
	3	1	41	0.03467	1.89809	0.68036	0.37783	1.30181	0.36950	2.05584	0.72448	0.57660
		Total	86	0.03467	4.35940	0.74872	0.58408	3.29543	0.25968	16.90862	0.51390	0.59687
		0	68	0.00298	0.07267	0.02268	0.01383	1.54856	0.29076	2.98941	0.57400	0.01907
As	1	1	24	0.00323	0.04465	0.02271	0.01156	0.38231	0.47226	-0.86158	0.91778	0.01951
		Total	92	0.00298	0.07267	0.02269	0.01321	1.35708	0.25134	2.49718	0.49771	0.01919
		0	70	0.00023	0.00268	0.00097	0.00056	0.69933	0.28675	-0.20672	0.56627	0.00082
	2	1	28	0.00042	0.00202	0.00109	0.00045	0.54019	0.44052	-0.41987	0.85833	0.00100
		Total	98	0.00023	0.00268	0.00101	0.00053	0.61014	0.24376	-0.27303	0.48296	0.00086
		0	45	0.00039	0.00519	0.00146	0.00104	1.73335	0.35373	3.53194	0.69454	0.00118
	3	1	41	0.00027	0.00288	0.00106	0.00060	1.60803	0.36950	2.42375	0.72448	0.00092
		Total	86	0.00027	0.00519	0.00127	0.00088	2.02039	0.25968	5.28457	0.51390	0.00105
		0	68	0.00006	0.00148	0.00056	0.00028	0.99762	0.29076	1.74999	0.57400	0.00049
	Se	1	24	0.00024	0.00173	0.00078	0.00043	0.62447	0.47226	-0.57996	0.91778	0.00067
		Total	92	0.00006	0.00173	0.00062	0.00034	1.11438	0.25134	1.23942	0.49771	0.00053
		0	70	0.00004	0.00281	0.00056	0.00052	1.77306	0.28675	4.23282	0.56627	0.00036
Rb	1	1	28	0.00004	0.00242	0.00070	0.00062	1.28752	0.44052	1.00166	0.85833	0.00046
		Total	98	0.00004	0.00281	0.00060	0.00055	1.59185	0.24376	2.77595	0.48296	0.00038
		0	45	0.00022	0.00106	0.00058	0.00020	0.64701	0.35373	-0.07923	0.69454	0.00054
	2	1	41	0.00007	0.00126	0.00068	0.00026	-0.04677	0.36950	0.40147	0.72448	0.00061
		Total	86	0.00007	0.00126	0.00063	0.00023	0.33437	0.25968	0.09670	0.51390	0.00058
		0	68	0.00000	0.00253	0.00059	0.00049	1.50224	0.29076	3.27685	0.57400	0.00030
	3	1	24	0.00000	0.00204	0.00073	0.00056	0.60228	0.47226	-0.16311	0.91778	0.00034
		Total	92	0.00000	0.00253	0.00063	0.00051	1.20588	0.25134	1.80132	0.49771	0.00031
		0	70	0.00021	0.00205	0.00074	0.00031	1.74551	0.28675	4.74219	0.56627	0.00068
	1	1	28	0.00036	0.00419	0.00132	0.00098	1.56458	0.44052	1.98792	0.85833	0.00105
		Total	98	0.00021	0.00419	0.00090	0.00064	2.89458	0.24376	10.17141	0.48296	0.00077
		0	45	0.00032	0.00274	0.00077	0.00045	2.53032	0.35373	8.08801	0.69454	0.00069
Sr	2	1	41	0.00026	0.00196	0.00078	0.00036	1.59653	0.36950	3.18813	0.72448	0.00071
		Total	86	0.00026	0.00274	0.00078	0.00041	2.22956	0.25968	6.72512	0.51390	0.00070
		0	68	0.00034	0.00504	0.00110	0.00074	2.79874	0.29076	11.38896	0.57400	0.00094
	3	1	24	0.00041	0.00792	0.00241	0.00214	1.51533	0.47226	1.81368	0.91778	0.00169
		Total	92	0.00034	0.00792	0.00144	0.00138	2.89975	0.25134	9.84522	0.49771	0.00110
		0	70	0.00115	0.01789	0.00726	0.00285	0.89537	0.28675	2.13237	0.56627	0.00667
	1	1	28	0.00345	0.01744	0.00903	0.00380	0.40202	0.44052	-0.47725	0.85833	0.00823
		Total	98	0.00115	0.01789	0.00776	0.00324	0.81604	0.24376	0.89151	0.48296	0.00709
		0	45	0.00253	0.01538	0.00551	0.00254	2.05922	0.35373	5.68889	0.69454	0.00508
	2	1	41	0.00220	0.00939	0.00520	0.00159	0.62932	0.36950	0.87689	0.72448	0.00496
		Total	86	0.00220	0.01538	0.00536	0.00213	1.97368	0.25968	6.61461	0.51390	0.00502
		0	68	0.00130	0.02239	0.00839	0.00490	1.27556	0.29076	1.79479	0.57400	0.00708
Y	3	1	24	0.00264	0.03244	0.01328	0.00850	0.65938	0.47226	-0.39343	0.91778	0.01059
		Total	92	0.00130	0.03244	0.00966	0.00637	1.35261	0.25134	1.73551	0.49771	0.00787
		0	70	0.00000	0.00027	0.00010	0.00007	0.31134	0.28675	-0.72633	0.56627	0.00004
	1	1	28	0.00000	0.00062	0.00019	0.00017	1.03743	0.44052	0.53549	0.85833	0.00008
		Total	98	0.00000	0.00062	0.00012	0.00012	1.81902	0.24376	4.75711	0.48296	0.00005
		0	45	0.00008	0.00077	0.00025	0.00017	0.99517	0.35373	0.45166	0.69454	0.00021

5. Resultados

Zr	3	1	41	0.00007	0.00061	0.00024	0.00016	0.86778	0.36950	-0.65032	0.72448	0.00019
		Total	86	0.00007	0.00077	0.00025	0.00017	0.92130	0.25968	-0.08758	0.51390	0.00020
		0	68	0.00000	0.00072	0.00020	0.00017	1.16276	0.29076	1.20685	0.57400	0.00010
	1	1	24	0.00000	0.00197	0.00047	0.00053	1.89265	0.47226	3.38322	0.91778	0.00017
		Total	92	0.00000	0.00197	0.00027	0.00033	3.25808	0.25134	13.80488	0.49771	0.00011
		0	70	0.00002	0.00629	0.00152	0.00174	1.22573	0.28675	0.76048	0.56627	0.00040
	2	1	28	0.00002	0.00857	0.00217	0.00248	1.26877	0.44052	0.77312	0.85833	0.00062
		Total	98	0.00002	0.00857	0.00171	0.00199	1.38970	0.24376	1.47028	0.48296	0.00045
		0	45	0.00009	0.01357	0.00781	0.00294	-0.55588	0.35373	0.26070	0.69454	0.00670
	3	1	41	0.00378	0.01360	0.00993	0.00215	-0.70213	0.36950	0.61776	0.72448	0.00966
		Total	86	0.00009	0.01360	0.00882	0.00279	-0.76854	0.25968	0.60505	0.51390	0.00797
		0	68	0.00040	0.00913	0.00485	0.00222	-0.32784	0.29076	-0.53153	0.57400	0.00407
Cd	1	1	24	0.00083	0.01412	0.00573	0.00407	0.67119	0.47226	-0.61424	0.91778	0.00427
		Total	92	0.00040	0.01412	0.00508	0.00282	0.61712	0.25134	0.83866	0.49771	0.00412
		0	70	0.00006	0.01038	0.00076	0.00127	6.55834	0.28675	49.18351	0.56627	0.00049
	2	1	28	0.00006	0.00185	0.00057	0.00048	1.83274	0.44052	2.48707	0.85833	0.00044
		Total	98	0.00006	0.01038	0.00071	0.00110	7.19441	0.24376	61.83249	0.48296	0.00047
		0	45	0.00010	0.00527	0.00073	0.00101	3.34180	0.35373	11.55381	0.69454	0.00046
	3	1	41	0.00008	0.00256	0.00053	0.00054	2.63161	0.36950	7.57918	0.72448	0.00038
		Total	86	0.00008	0.00527	0.00063	0.00082	3.67452	0.25968	15.46251	0.51390	0.00042
		0	68	0.00000	0.00129	0.00017	0.00019	3.61005	0.29076	18.71289	0.57400	0.00010
	1	1	24	0.00005	0.00096	0.00020	0.00019	2.98939	0.47226	11.08080	0.91778	0.00015
		Total	92	0.00000	0.00129	0.00018	0.00019	3.36887	0.25134	15.65061	0.49771	0.00011
		0	70	0.00071	0.00495	0.00214	0.00108	1.04357	0.28675	0.44072	0.56627	0.00190
Sn	1	1	28	0.00028	0.00266	0.00167	0.00064	-0.38259	0.44052	-0.48928	0.85833	0.00151
		Total	98	0.00028	0.00495	0.00201	0.00100	1.13784	0.24376	1.22984	0.48296	0.00178
		0	45	0.00106	0.00546	0.00275	0.00123	0.65412	0.35373	-0.49599	0.69454	0.00249
	2	1	41	0.00087	0.00509	0.00245	0.00105	0.97653	0.36950	0.48574	0.72448	0.00225
		Total	86	0.00087	0.00546	0.00261	0.00115	0.80547	0.25968	-0.14517	0.51390	0.00237
		0	68	0.00001	0.00615	0.00166	0.00164	1.18972	0.29076	0.47981	0.57400	0.00063
	3	1	24	0.00001	0.00465	0.00121	0.00123	1.95075	0.47226	3.13187	0.91778	0.00056
		Total	92	0.00001	0.00615	0.00154	0.00155	1.34489	0.25134	0.89876	0.49771	0.00061
		0	70	0.00094	0.00800	0.00356	0.00183	0.87309	0.28675	0.03260	0.56627	0.00313
	1	1	28	0.00118	0.00509	0.00293	0.00106	0.39519	0.44052	-0.34992	0.85833	0.00274
		Total	98	0.00094	0.00800	0.00338	0.00167	1.02960	0.24376	0.67600	0.48296	0.00301
		0	45	0.00091	0.03615	0.00400	0.00533	5.20004	0.35373	31.29653	0.69454	0.00282
Sb	2	1	41	0.00092	0.01203	0.00269	0.00215	2.66620	0.36950	8.77356	0.72448	0.00220
		Total	86	0.00091	0.03615	0.00337	0.00416	6.03489	0.25968	45.85694	0.51390	0.00251
		0	68	0.00014	0.00388	0.00115	0.00075	1.66764	0.29076	3.63932	0.57400	0.00094
	3	1	24	0.00035	0.00285	0.00107	0.00057	1.52509	0.47226	3.08689	0.91778	0.00095
		Total	92	0.00014	0.00388	0.00113	0.00071	1.69146	0.25134	3.85631	0.49771	0.00094
		0	70	0.00004	0.00015	0.00005	0.00003	2.01640	0.28675	3.48127	0.56627	0.00005
	1	1	28	0.00004	0.00022	0.00009	0.00005	0.81677	0.44052	-0.25638	0.85833	0.00007
		Total	98	0.00004	0.00022	0.00006	0.00004	1.78846	0.24376	2.84325	0.48296	0.00005
		0	45	0.00003	0.00019	0.00006	0.00003	2.19541	0.35373	5.86152	0.69454	0.00006
	2	1	41	0.00003	0.00014	0.00006	0.00002	1.52598	0.36950	2.73322	0.72448	0.00006
		Total	86	0.00003	0.00019	0.00006	0.00003	1.97698	0.25968	4.99741	0.51390	0.00006
		0	68	0.00001	0.00031	0.00008	0.00006	1.60573	0.29076	3.62998	0.57400	0.00005
Cs	3	1	24	0.00001	0.00049	0.00015	0.00015	0.93565	0.47226	0.12316	0.91778	0.00007
		Total	92	0.00001	0.00049	0.00010	0.00010	1.92730	0.25134	4.37439	0.49771	0.00005
		0	70	0.00387	0.03064	0.01413	0.00638	0.77799	0.28675	0.07264	0.56627	0.01276
	1	1	28	0.00495	0.07809	0.01950	0.01431	2.65857	0.44052	9.93821	0.85833	0.01606
		Total	98	0.00387	0.07809	0.01567	0.00959	3.11844	0.24376	17.49225	0.48296	0.01362
		0	45	0.00031	0.04047	0.01443	0.00771	1.08686	0.35373	2.31717	0.69454	0.01181

5. Resultados

La	3	1	41	0.00513	0.02796	0.01473	0.00624	0.74222	0.36950	-0.43532	0.72448	0.01352
		Total	86	0.00031	0.04047	0.01457	0.00701	0.95976	0.25968	1.55201	0.51390	0.01260
		0	68	0.00069	0.05973	0.01012	0.00864	3.19892	0.29076	15.79706	0.57400	0.00749
	1	1	24	0.00330	0.21284	0.02620	0.04204	4.11325	0.47226	18.54075	0.91778	0.01511
		Total	92	0.00069	0.21284	0.01432	0.02350	6.92703	0.25134	57.04062	0.49771	0.00900
		0	70	0.00001	0.00063	0.00024	0.00013	0.84098	0.28675	1.25033	0.56627	0.00020
	2	1	28	0.00010	0.00156	0.00052	0.00043	1.17323	0.44052	0.40902	0.85833	0.00038
		Total	98	0.00001	0.00156	0.00032	0.00029	2.49925	0.24376	7.19085	0.48296	0.00024
		0	45	0.00001	0.00115	0.00022	0.00019	3.01093	0.35373	13.45425	0.69454	0.00016
	3	1	41	0.00001	0.00082	0.00025	0.00018	1.35990	0.36950	2.20981	0.72448	0.00019
		Total	86	0.00001	0.00115	0.00024	0.00018	2.21586	0.25968	7.72752	0.51390	0.00017
		0	68	0.00003	0.00171	0.00032	0.00025	3.04125	0.29076	13.80568	0.57400	0.00025
Ce	1	1	24	0.00006	0.00281	0.00087	0.00084	1.40419	0.47226	1.21176	0.91778	0.00054
		Total	92	0.00003	0.00281	0.00046	0.00053	2.98551	0.25134	9.94484	0.49771	0.00031
		0	70	0.00011	0.00129	0.00050	0.00020	1.43066	0.28675	3.72685	0.56627	0.00047
	2	1	28	0.00017	0.00316	0.00105	0.00085	1.28092	0.44052	0.71512	0.85833	0.00078
		Total	98	0.00011	0.00316	0.00066	0.00054	2.92725	0.24376	9.41498	0.48296	0.00054
		0	45	0.00000	0.00282	0.00047	0.00047	2.99557	0.35373	13.35749	0.69454	0.00023
	3	1	41	0.00000	0.00207	0.00058	0.00044	1.58636	0.36950	3.05453	0.72448	0.00040
		Total	86	0.00000	0.00282	0.00052	0.00046	2.29432	0.25968	8.02399	0.51390	0.00030
		0	68	0.00001	0.00338	0.00060	0.00049	3.24557	0.29076	15.12839	0.57400	0.00043
	Pr	1	24	0.00016	0.00685	0.00179	0.00189	1.64055	0.47226	2.15506	0.91778	0.00105
		Total	92	0.00001	0.00685	0.00091	0.00117	3.37247	0.25134	12.98975	0.49771	0.00055
		0	70	0.00001	0.00016	0.00006	0.00004	0.28163	0.28675	-0.49210	0.56627	0.00005
Nd	1	1	28	0.00001	0.00036	0.00013	0.00010	0.82612	0.44052	0.29040	0.85833	0.00009
		Total	98	0.00001	0.00036	0.00008	0.00007	1.83529	0.24376	4.73048	0.48296	0.00006
		0	45	0.00000	0.00028	0.00004	0.00005	3.18125	0.35373	14.54796	0.69454	0.00002
	2	1	41	0.00000	0.00020	0.00005	0.00004	1.62426	0.36950	3.42879	0.72448	0.00003
		Total	86	0.00000	0.00028	0.00005	0.00004	2.43439	0.25968	9.03183	0.51390	0.00002
		0	68	0.00000	0.00038	0.00009	0.00007	1.78328	0.29076	4.98100	0.57400	0.00006
	3	1	24	0.00001	0.00069	0.00023	0.00019	1.46215	0.47226	1.61214	0.91778	0.00016
		Total	92	0.00000	0.00069	0.00012	0.00013	2.68484	0.25134	8.80349	0.49771	0.00008
		0	70	0.00000	0.00067	0.00021	0.00013	0.78861	0.28675	1.21700	0.56627	0.00016
	1	1	28	0.00003	0.00166	0.00047	0.00045	1.40668	0.44052	1.10811	0.85833	0.00030
		Total	98	0.00000	0.00166	0.00029	0.00029	2.76936	0.24376	9.08737	0.48296	0.00019
		0	45	0.00000	0.00120	0.00018	0.00021	2.99284	0.35373	13.08178	0.69454	0.00006
Hf	2	1	41	0.00000	0.00087	0.00023	0.00018	1.62174	0.36950	3.47186	0.72448	0.00014
		Total	86	0.00000	0.00120	0.00020	0.00020	2.34902	0.25968	8.49336	0.51390	0.00009
		0	68	0.00000	0.00154	0.00028	0.00023	2.94059	0.29076	12.67626	0.57400	0.00018
	3	1	24	0.00006	0.00278	0.00085	0.00084	1.36160	0.47226	1.02455	0.91778	0.00051
		Total	92	0.00000	0.00278	0.00043	0.00053	2.99993	0.25134	9.92356	0.49771	0.00024
		0	70	0.00000	0.00080	0.00025	0.00026	1.04097	0.28675	-0.34155	0.56627	0.00010
	1	1	28	0.00000	0.00096	0.00036	0.00029	0.45875	0.44052	-0.95750	0.85833	0.00016
		Total	98	0.00000	0.00096	0.00028	0.00027	0.84534	0.24376	-0.64106	0.48296	0.00011
		0	45	0.00001	0.00070	0.00037	0.00018	-0.53678	0.35373	-0.67513	0.69454	0.00028
	2	1	41	0.00011	0.00070	0.00049	0.00014	-0.85606	0.36950	0.67580	0.72448	0.00046
		Total	86	0.00001	0.00070	0.00043	0.00017	-0.79037	0.25968	-0.02533	0.51390	0.00035
		0	68	0.00000	0.00171	0.00056	0.00050	0.53314	0.29076	-0.75214	0.57400	0.00016
Ti	3	1	24	0.00000	0.00172	0.00047	0.00055	1.09265	0.47226	0.13629	0.91778	0.00008
		Total	92	0.00000	0.00172	0.00054	0.00051	0.66687	0.25134	-0.60767	0.49771	0.00013
		0	70	0.00001	0.00281	0.00013	0.00034	7.60719	0.28675	61.31034	0.56627	0.00005
	1	1	28	0.00001	0.00023	0.00010	0.00007	0.04240	0.44052	-1.03397	0.85833	0.00006
		Total	98	0.00001	0.00281	0.00012	0.00029	8.76022	0.24376	82.81102	0.48296	0.00005
		0	45	0.00003	0.00013	0.00007	0.00003	0.50699	0.35373	-0.64043	0.69454	0.00006

5. Resultados

Pb	3	1	41	0.00003	0.00015	0.00005	0.00003	1.53093	0.36950	2.01550	0.72448	0.00005
		Total	86	0.00003	0.00015	0.00006	0.00003	0.93063	0.25968	0.20277	0.51390	0.00005
		0	68	0.00000	0.00495	0.00012	0.00060	8.19862	0.29076	67.46729	0.57400	0.00003
	1	1	24	0.00000	0.00021	0.00006	0.00006	1.39525	0.47226	1.53596	0.91778	0.00003
		Total	92	0.00000	0.00495	0.00010	0.00051	9.48970	0.25134	90.67371	0.49771	0.00003
		0	70	0.00586	0.11077	0.02032	0.01541	3.44195	0.28675	17.04610	0.56627	0.01701
	2	1	28	0.01038	0.03721	0.01931	0.00633	0.86975	0.44052	0.82934	0.85833	0.01838
		Total	98	0.00586	0.11077	0.02003	0.01343	3.74622	0.24376	21.57333	0.48296	0.01739
		0	45	0.00593	0.07383	0.02286	0.01692	1.67158	0.35373	2.38176	0.69454	0.01842
	3	1	41	0.00485	0.03794	0.01585	0.00820	1.22829	0.36950	0.83353	0.72448	0.01411
		Total	86	0.00485	0.07383	0.01952	0.01387	2.09047	0.25968	4.91807	0.51390	0.01622
		0	68	0.00055	0.04503	0.00818	0.00609	3.51435	0.29076	19.36261	0.57400	0.00665
Th	3	1	24	0.00340	0.03913	0.01154	0.00821	1.94689	0.47226	4.62031	0.91778	0.00953
		Total	92	0.00055	0.04503	0.00906	0.00682	2.81868	0.25134	11.30726	0.49771	0.00731
		0	70	0.00000	0.00035	0.00011	0.00007	0.80915	0.28675	1.67682	0.56627	0.00007
	1	1	28	0.00000	0.00050	0.00017	0.00011	1.25841	0.44052	2.00555	0.85833	0.00013
		Total	98	0.00000	0.00050	0.00013	0.00009	1.30709	0.24376	3.13210	0.48296	0.00008
		0	45	0.00001	0.00039	0.00009	0.00007	2.28154	0.35373	7.52680	0.69454	0.00007
	2	1	41	0.00001	0.00031	0.00011	0.00007	1.04446	0.36950	1.11748	0.72448	0.00008
		Total	86	0.00001	0.00039	0.00010	0.00007	1.60740	0.25968	3.58887	0.51390	0.00008
		0	68	0.00000	0.00034	0.00007	0.00007	1.55482	0.29076	2.69435	0.57400	0.00001
	3	1	24	0.00000	0.00091	0.00019	0.00026	1.93198	0.47226	3.18202	0.91778	0.00003
		Total	92	0.00000	0.00091	0.00010	0.00016	3.48105	0.25134	14.68447	0.49771	0.00001
		0	70	0.00000	0.00071	0.00017	0.00016	1.36571	0.28675	2.05598	0.56627	0.00008
U	1	1	28	0.00000	0.00075	0.00016	0.00018	1.97410	0.44052	4.64921	0.85833	0.00007
		Total	98	0.00000	0.00075	0.00017	0.00016	1.54612	0.24376	2.72707	0.48296	0.00007
		0	45	0.00007	0.00026	0.00012	0.00004	1.09796	0.35373	1.26592	0.69454	0.00011
	2	1	41	0.00007	0.00022	0.00012	0.00005	0.38824	0.36950	-0.82193	0.72448	0.00012
		Total	86	0.00007	0.00026	0.00012	0.00004	0.72411	0.25968	-0.03016	0.51390	0.00011
		0	68	0.00001	0.00040	0.00010	0.00011	1.28699	0.29076	0.45977	0.57400	0.00005
	3	1	24	0.00001	0.00041	0.00011	0.00011	1.35165	0.47226	1.40474	0.91778	0.00005
		Total	92	0.00001	0.00041	0.00011	0.00011	1.27945	0.25134	0.56087	0.49771	0.00005
		0	70	0.00004	0.01053	0.00169	0.00211	1.41711	0.28675	2.85752	0.56627	0.00033
	1	1	28	0.00004	0.00626	0.00155	0.00186	0.90575	0.44052	-0.33741	0.85833	0.00033
		Total	98	0.00004	0.01053	0.00165	0.00203	1.31179	0.24376	2.29243	0.48296	0.00033
		0	45	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	6.70820	0.35373	45.00000	0.69454	0.00000
Mo	2	1	41	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	.	.	.	.	0.00000
		Total	86	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	9.27362	0.25968	86.00000	0.51390	0.00000
		0	68	0.00004	0.01695	0.00239	0.00319	2.56783	0.29076	8.96031	0.57400	0.00052
	3	1	24	0.00004	0.00556	0.00181	0.00168	0.68771	0.47226	-0.47648	0.91778	0.00068
		Total	92	0.00004	0.01695	0.00224	0.00288	2.69989	0.25134	10.72232	0.49771	0.00056

d) Los cocientes de las variables respecto de la componente crustal se segmentan por estación de muestreo (Estac.) en la fracción PM₁₀. 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana.

	Estac.	Int.	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀ inC	1	0	64	1.01774	10.45985	3.89853	1.54436	1.14546	0.29933	3.94325	0.59049	3.59885
		1	28	1.52679	8.62378	4.09765	1.94003	0.82258	0.44052	-0.20277	0.85833	3.68740
		Total	92	1.01774	10.45985	3.95913	1.66625	1.02727	0.25134	1.94591	0.49771	3.62557
	2	0	45	0.78812	9.18281	3.93922	1.66441	1.05378	0.35373	2.07315	0.69454	3.59446
		1	41	1.76618	9.24574	4.61018	1.67890	0.71268	0.36950	0.30697	0.72448	4.31988

5. Resultados

PM ₁₀ MinC	3	Total	86	0.78812	9.24574	4.25909	1.69531	0.82737	0.25968	0.87442	0.51390	3.92371
		0	68	1.48616	13.75469	3.86651	2.16706	2.27015	0.29076	6.87145	0.57400	3.44214
		1	24	1.52617	8.23632	3.09933	1.62485	1.72333	0.47226	3.46501	0.91778	2.78620
	1	Total	92	1.48616	13.75469	3.66638	2.05903	2.23906	0.25134	6.96890	0.49771	3.25744
		0	70	2.10244	15.85465	5.34460	2.08255	2.09085	0.28675	8.58261	0.56627	5.01545
		1	28	2.03667	9.84521	4.67507	1.85753	0.59039	0.44052	0.67636	0.85833	4.31225
	2	Total	98	2.03667	15.85465	5.15330	2.03419	1.74561	0.24376	7.12941	0.48296	4.80358
		0	45	0.78812	9.18281	3.93922	1.66441	1.05378	0.35373	2.07315	0.69454	3.59446
		1	41	1.76618	9.24574	4.61018	1.67890	0.71268	0.36950	0.30697	0.72448	4.31988
	3	Total	86	0.78812	9.24574	4.25909	1.69531	0.82737	0.25968	0.87442	0.51390	3.92371
		0	68	1.48616	13.75469	3.86651	2.16706	2.27015	0.29076	6.87145	0.57400	3.44214
		1	24	1.52617	8.23632	3.09933	1.62485	1.72333	0.47226	3.46501	0.91778	2.78620
OM+ECinC	1	Total	92	1.48616	13.75469	3.66638	2.05903	2.23906	0.25134	6.96890	0.49771	3.25744
		0	70	0.32558	6.73961	1.41681	0.87716	3.76104	0.28675	19.79274	0.56627	1.26132
		1	28	0.16330	1.81100	0.95370	0.49487	0.06778	0.44052	-1.27504	0.85833	0.80288
	2	Total	98	0.16330	6.73961	1.28449	0.81222	3.61407	0.24376	21.12944	0.48296	1.10860
		0	45	0.15804	1.98013	0.76591	0.35251	1.05841	0.35373	2.10452	0.69454	0.68843
		1	41	0.27140	1.41109	0.69957	0.27091	1.08747	0.36950	0.81950	0.72448	0.65400
	3	Total	86	0.15804	1.98013	0.73429	0.31618	1.13732	0.25968	2.06133	0.51390	0.67180
		0	68	0.11608	2.17472	0.50875	0.38971	2.14529	0.29076	5.42263	0.57400	0.40778
		1	24	0.00961	0.83759	0.25665	0.21438	0.88043	0.47226	0.57091	0.91778	0.15447
	1	Total	92	0.00961	2.17472	0.44299	0.36854	2.18138	0.25134	6.31394	0.49771	0.31655
		0	70	0.05835	0.11116	0.07911	0.01016	0.31919	0.28675	0.28112	0.56627	0.07847
		1	28	0.06789	0.16037	0.10827	0.03022	0.27719	0.44052	-1.48890	0.85833	0.10424
Al ₂ O ₃ inC	2	Total	98	0.05835	0.16037	0.08744	0.02242	1.66978	0.24376	2.28579	0.48296	0.08511
		0	45	0.06027	0.14168	0.09201	0.01866	1.13088	0.35373	0.75799	0.69454	0.09034
		1	41	0.06595	0.15206	0.10462	0.02008	0.34779	0.36950	-0.27453	0.72448	0.10275
	3	Total	86	0.06027	0.15206	0.09802	0.02025	0.66864	0.25968	-0.24462	0.51390	0.09605
		0	68	0.04156	0.15509	0.08680	0.01855	0.56542	0.29076	2.49018	0.57400	0.08481
		1	24	0.04789	0.16099	0.11676	0.03073	-0.38035	0.47226	-0.51533	0.91778	0.11228
	1	Total	92	0.04156	0.16099	0.09462	0.02583	0.73870	0.25134	0.52335	0.49771	0.09125
		0	70	0.14696	0.22814	0.19463	0.01888	-0.41556	0.28675	-0.19082	0.56627	0.19369
		1	28	0.06999	0.22345	0.15166	0.04468	-0.11574	0.44052	-1.31231	0.85833	0.14478
	2	Total	98	0.06999	0.22814	0.18235	0.03449	-1.32895	0.24376	1.36897	0.48296	0.17824
		0	45	0.08809	0.22174	0.16465	0.03031	-0.84420	0.35373	0.13979	0.69454	0.16149
		1	41	0.08325	0.20346	0.14159	0.02725	0.11169	0.36950	0.01580	0.72448	0.13895
Ca _{soil} inC	3	Total	86	0.08325	0.22174	0.15366	0.03097	-0.26624	0.25968	-0.64328	0.51390	0.15032
		0	68	0.05965	0.29114	0.19716	0.04140	-0.78203	0.29076	1.43853	0.57400	0.19180
		1	24	0.07220	0.28101	0.14813	0.05305	0.71875	0.47226	0.27382	0.91778	0.13938
	2	Total	92	0.05965	0.29114	0.18437	0.04941	-0.46335	0.25134	-0.15358	0.49771	0.17647
		0	45	0.03164	0.24712	0.14592	0.04412	-0.31056	0.35373	0.41322	0.69454	0.13761
		1	41	0.06934	0.28249	0.13587	0.03828	1.45716	0.36950	4.55875	0.72448	0.13114
	1	Total	86	0.03164	0.28249	0.14112	0.04151	0.38630	0.25968	1.31073	0.51390	0.13449
		0	70	0.01898	0.07435	0.03437	0.01070	1.87001	0.28675	4.60144	0.56627	0.03305
		1	28	0.01812	0.05230	0.03070	0.00603	1.52825	0.44052	5.56495	0.85833	0.03018
	2	Total	98	0.01812	0.07435	0.03332	0.00971	2.05143	0.24376	5.92162	0.48296	0.03220
		0	45	0.02542	0.07633	0.03788	0.01060	1.97839	0.35373	4.26709	0.69454	0.03673
		1	41	0.02245	0.06177	0.03771	0.00962	1.05010	0.36950	0.42265	0.72448	0.03664
KinC	3	Total	86	0.02245	0.07633	0.03780	0.01009	1.58325	0.25968	2.65754	0.51390	0.03669
		0	68	0.01881	0.25782	0.03881	0.02978	6.16696	0.29076	44.78094	0.57400	0.03467
		1	24	0.02121	0.04737	0.03138	0.00573	0.72116	0.47226	1.53664	0.91778	0.03089
	2	Total	92	0.01881	0.25782	0.03687	0.02592	7.04387	0.25134	59.08326	0.49771	0.03364
		0	45	0.00755	0.07619	0.03343	0.01305	1.02781	0.35373	1.84844	0.69454	0.03099
		1	41	0.01656	0.06745	0.03525	0.01197	0.83684	0.36950	0.27263	0.72448	0.03339

5. Resultados

NainC	1	Total	86	0.00755	0.07619	0.03430	0.01251	0.90840	0.25968	1.04995	0.51390	0.03211
		0	70	0.01282	0.38025	0.09224	0.07715	1.42672	0.28675	1.98232	0.56627	0.06590
		1	28	0.01141	0.29051	0.08790	0.06807	1.48559	0.44052	2.12456	0.85833	0.06604
	2	Total	98	0.01141	0.38025	0.09100	0.07435	1.43472	0.24376	1.96520	0.48296	0.06594
		0	45	0.01721	0.39515	0.13733	0.10274	1.02127	0.35373	0.24223	0.69454	0.10220
		1	41	0.02524	0.52760	0.17453	0.12882	1.03355	0.36950	0.44414	0.72448	0.13147
	3	Total	86	0.01721	0.52760	0.15506	0.11672	1.09646	0.25968	0.65644	0.51390	0.11524
		0	68	0.00246	0.57063	0.09349	0.10440	2.34540	0.29076	6.67078	0.57400	0.05620
		1	24	0.01078	0.37983	0.09507	0.09055	1.71140	0.47226	3.08334	0.91778	0.06224
Na _{sol} inC	2	Total	92	0.00246	0.57063	0.09391	0.10049	2.21520	0.25134	5.99215	0.49771	0.05771
		0	45	0.01367	0.30212	0.08666	0.05792	1.79645	0.35373	4.39327	0.69454	0.07106
		1	41	0.01709	0.45880	0.12964	0.11243	1.61074	0.36950	1.87297	0.72448	0.09540
MginC	1	Total	86	0.01367	0.45880	0.10715	0.09029	2.07696	0.25968	4.48521	0.51390	0.08178
		0	70	0.02028	0.05749	0.03006	0.00742	1.37267	0.28675	1.87573	0.56627	0.02928
		1	28	0.02113	0.05104	0.02981	0.00727	1.33475	0.44052	1.71363	0.85833	0.02907
	2	Total	98	0.02028	0.05749	0.02999	0.00734	1.34331	0.24376	1.69819	0.48296	0.02922
		0	45	0.02357	0.06238	0.03555	0.01055	1.09202	0.35373	0.52320	0.69454	0.03420
		1	41	0.01793	0.07635	0.03883	0.01499	0.96347	0.36950	0.12838	0.72448	0.03632
	3	Total	86	0.01793	0.07635	0.03711	0.01289	1.12971	0.25968	0.72394	0.51390	0.03520
		0	68	0.01432	0.08212	0.02610	0.01163	2.47141	0.29076	7.90412	0.57400	0.02435
		1	24	0.01568	0.05480	0.02714	0.00921	1.46122	0.47226	2.13799	0.91778	0.02590
Mg _{sol} inC	2	Total	92	0.01432	0.08212	0.02637	0.01101	2.30570	0.25134	7.19729	0.49771	0.02474
		0	45	0.00526	0.04441	0.02242	0.00891	0.76383	0.35373	0.44308	0.69454	0.02069
		1	41	0.01153	0.07022	0.02779	0.01577	1.33510	0.36950	0.87276	0.72448	0.02439
FeinC	1	Total	86	0.00526	0.07022	0.02498	0.01286	1.58108	0.25968	2.55079	0.51390	0.02237
		0	70	0.03483	0.15171	0.05742	0.01848	2.22657	0.28675	8.85133	0.56627	0.05509
		1	28	0.03687	0.07340	0.05274	0.00794	0.54164	0.44052	0.95372	0.85833	0.05217
	2	Total	98	0.03483	0.15171	0.05608	0.01628	2.50117	0.24376	11.60182	0.48296	0.05424
		0	45	0.03337	0.10039	0.05805	0.01764	0.60522	0.35373	-0.46763	0.69454	0.05555
		1	41	0.03012	0.08146	0.05394	0.01209	0.39365	0.36950	-0.32979	0.72448	0.05263
	3	Total	86	0.03012	0.10039	0.05609	0.01530	0.70229	0.25968	0.04741	0.51390	0.05414
		0	68	0.02008	0.04886	0.02975	0.00591	0.99670	0.29076	0.95059	0.57400	0.02922
		1	24	0.02559	0.04930	0.03627	0.00844	0.22949	0.47226	-1.71019	0.91778	0.03534
SO ₄ ²⁻ inC	1	Total	92	0.02008	0.04930	0.03145	0.00721	0.91051	0.25134	-0.02752	0.49771	0.03070
		0	70	0.13188	1.67296	0.56714	0.31564	1.58762	0.28675	3.47810	0.56627	0.49304
		1	28	0.17368	1.31959	0.63922	0.31117	0.45575	0.44052	-0.16393	0.85833	0.55869
	2	Total	98	0.13188	1.67296	0.58773	0.31447	1.24296	0.24376	2.12512	0.48296	0.51097
		0	45	0.16719	1.29308	0.53443	0.24175	1.25213	0.35373	2.32200	0.69454	0.48608
		1	41	0.09814	1.93367	0.69595	0.34099	1.24963	0.36950	3.04425	0.72448	0.61600
	3	Total	86	0.09814	1.93367	0.61143	0.30258	1.39930	0.25968	3.44767	0.51390	0.54419
		0	68	0.07987	1.36465	0.40567	0.26788	1.65270	0.29076	3.18630	0.57400	0.33456
		1	24	0.10983	1.16194	0.42849	0.28258	0.89740	0.47226	0.19636	0.91778	0.34476
NO ₃ ⁻ inC	1	Total	92	0.07987	1.36465	0.41162	0.27041	1.42043	0.25134	2.14424	0.49771	0.33719
		0	70	0.01628	1.64603	0.32268	0.29584	2.07168	0.28675	5.70901	0.56627	0.22235
		1	28	0.06487	0.96099	0.27411	0.22357	1.42277	0.44052	1.92878	0.85833	0.20445
	2	Total	98	0.01628	1.64603	0.30880	0.27687	2.03502	0.24376	5.73628	0.48296	0.21708
		0	45	0.07074	0.94030	0.28981	0.15592	2.20605	0.35373	6.83568	0.69454	0.25893
		1	41	0.15504	1.13743	0.40045	0.21626	1.45311	0.36950	2.35617	0.72448	0.35441
	3	Total	86	0.07074	1.13743	0.34256	0.19412	1.75821	0.25968	3.65690	0.51390	0.30072
		0	68	0.03597	1.39940	0.32135	0.24789	2.14730	0.29076	6.30091	0.57400	0.24945
		1	24	0.06152	0.58596	0.23590	0.15787	1.10369	0.47226	0.23224	0.91778	0.19208
Cl ⁻ inC	1	Total	92	0.03597	1.39940	0.29906	0.23015	2.19328	0.25134	7.01129	0.49771	0.23301
		0	70	0.00048	0.55912	0.07254	0.09496	3.03250	0.28675	11.20101	0.56627	0.03875
		1	28	0.00568	0.14304	0.05031	0.04110	0.87985	0.44052	-0.18764	0.85833	0.03411

5. Resultados

FinC	2	Total	98	0.00048	0.55912	0.06619	0.08358	3.33711	0.24376	14.53715	0.48296	0.03736
		0	45	0.01678	0.24104	0.08270	0.05275	1.33168	0.35373	1.47154	0.69454	0.06876
		1	41	0.01735	0.56000	0.09403	0.08703	4.01533	0.36950	20.78666	0.72448	0.07422
	3	Total	86	0.01678	0.56000	0.08810	0.07097	3.78461	0.25968	22.33591	0.51390	0.07131
		0	68	0.01386	0.78156	0.09560	0.11513	3.75119	0.29076	18.79518	0.57400	0.06391
		1	24	0.00704	0.20852	0.07425	0.06637	1.05084	0.47226	-0.22375	0.91778	0.04836
	2	Total	92	0.00704	0.78156	0.09003	0.10469	3.80475	0.25134	20.87160	0.49771	0.05943
		0	45	0.00097	0.01008	0.00463	0.00206	0.82185	0.35373	0.15762	0.69454	0.00419
		1	41	0.00176	0.00865	0.00433	0.00167	0.92497	0.36950	0.48353	0.72448	0.00404
	1	Total	86	0.00097	0.01008	0.00448	0.00187	0.89557	0.25968	0.37183	0.51390	0.00412
		0	70	0.00620	0.61987	0.14340	0.10855	1.69501	0.28675	4.52144	0.56627	0.10644
		1	28	0.01757	0.34998	0.15788	0.10119	0.47906	0.44052	-0.88760	0.85833	0.12243
	2	Total	98	0.00620	0.61987	0.14754	0.10618	1.37374	0.24376	3.04949	0.48296	0.11078
		0	45	0.03664	0.47288	0.15107	0.08792	1.74437	0.35373	4.04298	0.69454	0.13084
		1	41	0.08030	0.67427	0.21172	0.11998	2.23987	0.36950	6.13103	0.72448	0.18859
	3	Total	86	0.03664	0.67427	0.17999	0.10819	2.11731	0.25968	6.26182	0.51390	0.15575
		0	68	0.00719	0.82070	0.16919	0.16396	1.88007	0.29076	3.84669	0.57400	0.10886
		1	24	0.00940	0.79762	0.15215	0.18817	2.19895	0.47226	5.26032	0.91778	0.08271
	1	Total	92	0.00719	0.82070	0.16474	0.16970	1.93300	0.25134	3.93753	0.49771	0.10133
		0	70	0.00000	0.00022	0.00005	0.00003	2.50774	0.28675	12.57482	0.56627	0.00004
		1	28	0.00001	0.00010	0.00005	0.00002	0.61031	0.44052	1.41575	0.85833	0.00004
	2	Total	98	0.00000	0.00022	0.00005	0.00003	2.44211	0.24376	13.43335	0.48296	0.00004
		0	45	0.00003	0.00006	0.00004	0.00001	1.32923	0.35373	2.09762	0.69454	0.00004
		1	41	0.00003	0.00006	0.00004	0.00001	-0.39565	0.36950	-0.01975	0.72448	0.00004
	3	Total	86	0.00003	0.00006	0.00004	0.00001	0.45542	0.25968	0.59022	0.51390	0.00004
		0	68	0.00000	0.00086	0.00005	0.00010	7.96384	0.29076	64.80618	0.57400	0.00003
		1	24	0.00001	0.00006	0.00004	0.00001	-0.72483	0.47226	1.29305	0.91778	0.00004
PinC	1	Total	92	0.00000	0.00086	0.00005	0.00009	9.19849	0.25134	86.88235	0.49771	0.00003
		0	70	0.00020	0.00742	0.00300	0.00130	0.64622	0.28675	2.55431	0.56627	0.00260
		1	28	0.00021	0.00666	0.00274	0.00148	0.73606	0.44052	0.36217	0.85833	0.00230
	2	Total	98	0.00020	0.00742	0.00292	0.00135	0.63102	0.24376	1.55370	0.48296	0.00251
		0	45	0.00034	0.00730	0.00294	0.00146	0.51411	0.35373	0.24680	0.69454	0.00254
		1	41	0.00062	0.00681	0.00296	0.00127	0.90061	0.36950	2.13901	0.72448	0.00268
	3	Total	86	0.00034	0.00730	0.00295	0.00136	0.64907	0.25968	0.84243	0.51390	0.00260
		0	68	0.00010	0.00867	0.00296	0.00146	1.49359	0.29076	3.50208	0.57400	0.00260
		1	24	0.00097	0.00311	0.00172	0.00052	0.77801	0.47226	0.48565	0.91778	0.00165
	1	Total	92	0.00010	0.00867	0.00264	0.00140	1.70597	0.25134	4.32083	0.49771	0.00231
		0	70	0.00151	0.00365	0.00248	0.00036	0.59630	0.28675	1.36611	0.56627	0.00245
		1	28	0.00211	0.00447	0.00326	0.00080	0.03434	0.44052	-1.56664	0.85833	0.00316
	2	Total	98	0.00151	0.00447	0.00270	0.00063	1.24976	0.24376	0.97481	0.48296	0.00264
		0	45	0.00186	0.00411	0.00280	0.00046	0.74208	0.35373	1.37814	0.69454	0.00276
		1	41	0.00180	0.00455	0.00304	0.00068	0.39609	0.36950	0.10473	0.72448	0.00297
	3	Total	86	0.00180	0.00455	0.00291	0.00058	0.70202	0.25968	0.78971	0.51390	0.00286
		0	68	0.00149	0.00548	0.00260	0.00075	1.81297	0.29076	3.86180	0.57400	0.00252
		1	24	0.00225	0.00487	0.00341	0.00092	0.16889	0.47226	-1.69414	0.91778	0.00329
	1	Total	92	0.00149	0.00548	0.00281	0.00087	1.16662	0.25134	0.53911	0.49771	0.00270
		0	70	0.00010	0.00594	0.00101	0.00104	2.73704	0.28675	9.01458	0.56627	0.00070
		1	28	0.00012	0.00260	0.00105	0.00061	0.94364	0.44052	0.35374	0.85833	0.00087
	2	Total	98	0.00010	0.00594	0.00102	0.00093	2.70587	0.24376	9.83958	0.48296	0.00075
		0	45	0.00013	0.00646	0.00138	0.00127	1.99638	0.35373	4.86816	0.69454	0.00097
		1	41	0.00020	0.00609	0.00141	0.00142	2.39872	0.36950	5.60977	0.72448	0.00099
	3	Total	86	0.00013	0.00646	0.00139	0.00134	2.19285	0.25968	5.02992	0.51390	0.00098
		0	68	0.00005	0.00323	0.00065	0.00060	2.33498	0.29076	5.98082	0.57400	0.00048
		1	24	0.00015	0.00143	0.00056	0.00027	1.33071	0.47226	3.68537	0.91778	0.00050

5. Resultados

CrinC	1	Total	92	0.00005	0.00323	0.00063	0.00053	2.56475	0.25134	7.91354	0.49771	0.00048
		0	70	0.00000	0.00361	0.00030	0.00043	6.81405	0.28675	52.50819	0.56627	0.00018
		1	28	0.00000	0.00053	0.00020	0.00011	0.98208	0.44052	1.68484	0.85833	0.00016
	2	Total	98	0.00000	0.00361	0.00027	0.00037	7.74794	0.24376	69.61508	0.48296	0.00018
		0	45	0.00009	0.00040	0.00019	0.00008	0.86187	0.35373	0.14355	0.69454	0.00018
		1	41	0.00008	0.00065	0.00021	0.00010	2.38690	0.36950	9.31155	0.72448	0.00020
	3	Total	86	0.00008	0.00065	0.00020	0.00009	1.90560	0.25968	7.11233	0.51390	0.00019
		0	68	0.00003	0.00145	0.00019	0.00021	4.30738	0.29076	21.92799	0.57400	0.00015
		1	24	0.00007	0.00039	0.00015	0.00007	1.79961	0.47226	3.61956	0.91778	0.00014
MninC	1	Total	92	0.00003	0.00145	0.00018	0.00018	4.77369	0.25134	27.95781	0.49771	0.00015
		0	70	0.00073	0.00513	0.00124	0.00056	4.99633	0.28675	33.46102	0.56627	0.00117
		1	28	0.00078	0.00148	0.00102	0.00020	1.03197	0.44052	-0.02950	0.85833	0.00100
	2	Total	98	0.00073	0.00513	0.00117	0.00050	5.45844	0.24376	41.70107	0.48296	0.00112
		0	45	0.00074	0.00279	0.00120	0.00041	1.59916	0.35373	4.06054	0.69454	0.00114
		1	41	0.00068	0.00179	0.00113	0.00030	0.56674	0.36950	-0.57439	0.72448	0.00110
	3	Total	86	0.00068	0.00279	0.00117	0.00036	1.39760	0.25968	3.60961	0.51390	0.00112
		0	68	0.00039	0.00161	0.00071	0.00018	2.14027	0.29076	8.33001	0.57400	0.00069
		1	24	0.00048	0.00094	0.00072	0.00012	-0.21107	0.47226	-0.34155	0.91778	0.00072
CoinC	1	Total	92	0.00039	0.00161	0.00071	0.00017	1.97387	0.25134	8.52823	0.49771	0.00070
		0	70	0.00001	0.00009	0.00003	0.00002	1.35024	0.28675	3.11024	0.56627	0.00003
		1	28	0.00001	0.00009	0.00003	0.00001	2.74725	0.44052	11.96206	0.85833	0.00003
	2	Total	98	0.00001	0.00009	0.00003	0.00001	1.64218	0.24376	4.47987	0.48296	0.00003
		0	45	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	0.49218	0.35373	0.35115	0.69454	0.00001
		1	41	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	0.77916	0.36950	1.47058	0.72448	0.00002
	3	Total	86	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	0.59892	0.25968	0.79439	0.51390	0.00001
		0	68	0.00000	0.00034	0.00002	0.00004	7.50623	0.29076	59.49926	0.57400	0.00002
		1	24	0.00000	0.00003	0.00002	0.00001	-0.42982	0.47226	0.14951	0.91778	0.00002
NiinC	1	Total	92	0.00000	0.00034	0.00002	0.00003	8.64083	0.25134	79.43321	0.49771	0.00002
		0	70	0.00006	0.00311	0.00068	0.00059	2.05734	0.28675	4.82773	0.56627	0.00051
		1	28	0.00015	0.00155	0.00058	0.00031	1.37602	0.44052	2.54431	0.85833	0.00051
	2	Total	98	0.00006	0.00311	0.00065	0.00052	2.24242	0.24376	6.32621	0.48296	0.00051
		0	45	0.00002	0.00242	0.00054	0.00048	1.82554	0.35373	4.27309	0.69454	0.00036
		1	41	0.00002	0.00256	0.00059	0.00061	2.10451	0.36950	4.57135	0.72448	0.00035
	3	Total	86	0.00002	0.00256	0.00056	0.00055	2.03219	0.25968	4.64455	0.51390	0.00035
		0	68	0.00003	0.00130	0.00032	0.00024	2.30837	0.29076	6.68626	0.57400	0.00025
		1	24	0.00012	0.00051	0.00029	0.00012	0.34474	0.47226	-0.92674	0.91778	0.00027
CuinC	1	Total	92	0.00003	0.00130	0.00031	0.00021	2.41757	0.25134	8.18160	0.49771	0.00026
		0	70	0.00062	0.00709	0.00221	0.00122	1.41178	0.28675	2.80194	0.56627	0.00193
		1	28	0.00034	0.00301	0.00131	0.00074	0.66077	0.44052	-0.43226	0.85833	0.00111
	2	Total	98	0.00034	0.00709	0.00195	0.00117	1.45467	0.24376	3.22853	0.48296	0.00165
		0	45	0.00037	0.00979	0.00226	0.00170	2.09864	0.35373	7.37162	0.69454	0.00176
		1	41	0.00030	0.00409	0.00154	0.00082	0.94083	0.36950	1.23785	0.72448	0.00132
	3	Total	86	0.00030	0.00979	0.00192	0.00140	2.45708	0.25968	10.71833	0.51390	0.00153
		0	68	0.00001	0.01469	0.00080	0.00181	6.92817	0.29076	52.96271	0.57400	0.00029
		1	24	0.00001	0.00117	0.00027	0.00026	1.89334	0.47226	5.30559	0.91778	0.00015
ZninC	1	Total	92	0.00001	0.01469	0.00066	0.00158	7.91948	0.25134	69.92496	0.49771	0.00024
		0	70	0.00675	0.34298	0.05909	0.05476	2.83902	0.28675	10.62103	0.56627	0.04390
		1	28	0.01262	0.08962	0.04104	0.02224	0.76279	0.44052	-0.36405	0.85833	0.03550
	2	Total	98	0.00675	0.34298	0.05393	0.04835	3.17388	0.24376	14.00122	0.48296	0.04132
		0	45	0.00860	0.35438	0.09663	0.07881	1.58615	0.35373	2.35987	0.69454	0.07091
		1	41	0.00375	0.25505	0.08425	0.05558	1.32331	0.36950	1.98815	0.72448	0.06693
	3	Total	86	0.00375	0.35438	0.09073	0.06861	1.63059	0.25968	2.93566	0.51390	0.06899
		0	68	0.00027	0.00770	0.00210	0.00132	1.54171	0.29076	3.88898	0.57400	0.00173
		1	24	0.00034	0.00227	0.00119	0.00059	0.48454	0.47226	-0.86122	0.91778	0.00104

5. Resultados

AsinC	1	Total	92	0.00027	0.00770	0.00186	0.00124	1.73798	0.25134	4.86512	0.49771	0.00151
		0	70	0.00004	0.00041	0.00011	0.00007	2.84769	0.28675	11.01409	0.56627	0.00010
		1	28	0.00003	0.00041	0.00010	0.00008	2.49212	0.44052	7.72033	0.85833	0.00008
	2	Total	98	0.00003	0.00041	0.00011	0.00007	2.65404	0.24376	9.13898	0.48296	0.00009
		0	45	0.00004	0.00051	0.00017	0.00012	1.46172	0.35373	1.75767	0.69454	0.00014
		1	41	0.00003	0.00038	0.00012	0.00007	1.84110	0.36950	3.86414	0.72448	0.00011
	3	Total	86	0.00003	0.00051	0.00015	0.00010	1.77763	0.25968	3.23383	0.51390	0.00012
		0	68	0.00001	0.00019	0.00005	0.00003	2.76009	0.29076	10.15156	0.57400	0.00004
		1	24	0.00002	0.00011	0.00004	0.00002	2.43932	0.47226	8.49444	0.91778	0.00004
SeinC	1	Total	92	0.00001	0.00019	0.00005	0.00003	2.79128	0.25134	10.75328	0.49771	0.00004
		0	70	0.00000	0.00018	0.00006	0.00005	0.66083	0.28675	-0.64186	0.56627	0.00004
		1	28	0.00000	0.00028	0.00006	0.00006	2.54170	0.44052	7.22861	0.85833	0.00004
	2	Total	98	0.00000	0.00028	0.00006	0.00005	1.39933	0.24376	2.51728	0.48296	0.00004
		0	45	0.00002	0.00019	0.00007	0.00003	1.84301	0.35373	4.84911	0.69454	0.00006
		1	41	0.00001	0.00029	0.00008	0.00004	2.41827	0.36950	10.84133	0.72448	0.00007
	3	Total	86	0.00001	0.00029	0.00007	0.00004	2.36757	0.25968	10.45677	0.51390	0.00007
		0	68	0.00000	0.00034	0.00006	0.00006	2.21129	0.29076	6.65614	0.57400	0.00003
		1	24	0.00000	0.00013	0.00004	0.00004	0.89057	0.47226	0.29038	0.91778	0.00002
RbinC	1	Total	92	0.00000	0.00034	0.00005	0.00005	2.30216	0.25134	7.78086	0.49771	0.00002
		0	70	0.00005	0.00016	0.00008	0.00002	1.77307	0.28675	7.34081	0.56627	0.00008
		1	28	0.00007	0.00011	0.00009	0.00001	-0.52975	0.44052	-0.17512	0.85833	0.00009
	2	Total	98	0.00005	0.00016	0.00008	0.00001	1.25827	0.24376	5.58124	0.48296	0.00008
		0	45	0.00006	0.00012	0.00008	0.00001	1.40122	0.35373	1.84763	0.69454	0.00008
		1	41	0.00006	0.00011	0.00008	0.00001	-0.08296	0.36950	-0.37564	0.72448	0.00008
	3	Total	86	0.00006	0.00012	0.00008	0.00001	0.73502	0.25968	0.50608	0.51390	0.00008
		0	68	0.00006	0.00037	0.00009	0.00005	4.68726	0.29076	24.87831	0.57400	0.00009
		1	24	0.00007	0.00012	0.00009	0.00001	0.10136	0.47226	-0.32779	0.91778	0.00009
SrinC	1	Total	92	0.00006	0.00037	0.00009	0.00004	5.20353	0.25134	32.11004	0.49771	0.00009
		0	70	0.00060	0.00127	0.00080	0.00013	1.81070	0.28675	3.86257	0.56627	0.00079
		1	28	0.00043	0.00107	0.00071	0.00017	-0.02306	0.44052	-0.52792	0.85833	0.00069
	2	Total	98	0.00043	0.00127	0.00077	0.00015	0.71959	0.24376	2.27816	0.48296	0.00076
		0	45	0.00042	0.00071	0.00059	0.00007	-0.55193	0.35373	-0.04884	0.69454	0.00058
		1	41	0.00044	0.00073	0.00058	0.00007	0.26130	0.36950	-0.33344	0.72448	0.00058
	3	Total	86	0.00042	0.00073	0.00058	0.00007	-0.16000	0.25968	-0.34942	0.51390	0.00058
		0	68	0.00044	0.00094	0.00065	0.00009	0.69962	0.29076	0.89749	0.57400	0.00064
		1	24	0.00039	0.00080	0.00057	0.00010	-0.00570	0.47226	-0.26157	0.91778	0.00056
YinC	1	Total	92	0.00039	0.00094	0.00063	0.00010	0.30470	0.25134	0.74672	0.49771	0.00062
		0	70	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.40700	0.28675	-0.15727	0.56627	0.00000
		1	28	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	-0.29331	0.44052	-0.36753	0.85833	0.00001
	2	Total	98	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.21084	0.24376	-0.38395	0.48296	0.00001
		0	45	0.00001	0.00007	0.00003	0.00002	0.82385	0.35373	-0.12934	0.69454	0.00002
		1	41	0.00001	0.00006	0.00003	0.00001	1.16143	0.36950	0.88895	0.72448	0.00002
	3	Total	86	0.00001	0.00007	0.00003	0.00001	0.96487	0.25968	0.20521	0.51390	0.00002
		0	68	0.00000	0.00007	0.00002	0.00001	1.86551	0.29076	6.14181	0.57400	0.00001
		1	24	0.00000	0.00003	0.00002	0.00001	-0.70047	0.47226	0.21170	0.91778	0.00001
ZrinC	1	Total	92	0.00000	0.00007	0.00002	0.00001	1.76449	0.25134	6.78864	0.49771	0.00001
		0	70	0.00000	0.00139	0.00018	0.00026	2.67340	0.28675	8.91763	0.56627	0.00005
		1	28	0.00000	0.00059	0.00013	0.00014	1.68930	0.44052	3.36223	0.85833	0.00005
	2	Total	98	0.00000	0.00139	0.00017	0.00023	2.82865	0.24376	10.66359	0.48296	0.00005
		0	45	0.00001	0.00229	0.00092	0.00044	0.66325	0.35373	0.93205	0.69454	0.00077
		1	41	0.00047	0.00335	0.00123	0.00057	1.66654	0.36950	4.06668	0.72448	0.00112
	3	Total	86	0.00001	0.00335	0.00106	0.00053	1.36381	0.25968	3.72202	0.51390	0.00092
		0	68	0.00002	0.00236	0.00052	0.00043	1.89064	0.29076	4.89306	0.57400	0.00037
		1	24	0.00010	0.00078	0.00028	0.00019	1.41404	0.47226	1.49237	0.91778	0.00023

5. Resultados

CdinC	1	Total	92	0.00002	0.00236	0.00046	0.00040	2.12943	0.25134	6.33597	0.49771	0.00032
		0	70	0.00001	0.00092	0.00009	0.00012	5.47900	0.28675	36.68828	0.56627	0.00006
		1	28	0.00000	0.00017	0.00005	0.00004	1.55460	0.44052	2.23146	0.85833	0.00004
	2	Total	98	0.00000	0.00092	0.00008	0.00010	6.08008	0.24376	46.94122	0.48296	0.00005
		0	45	0.00001	0.00034	0.00008	0.00008	2.45124	0.35373	6.21071	0.69454	0.00005
		1	41	0.00001	0.00026	0.00006	0.00006	2.21538	0.36950	4.50855	0.72448	0.00004
	3	Total	86	0.00001	0.00034	0.00007	0.00007	2.36426	0.25968	5.65420	0.51390	0.00005
		0	68	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	2.58732	0.29076	8.82290	0.57400	0.00001
		1	24	0.00000	0.00005	0.00001	0.00001	2.11780	0.47226	4.52478	0.91778	0.00001
SninC	1	Total	92	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	2.72035	0.25134	10.07411	0.49771	0.00001
		0	70	0.00008	0.00074	0.00025	0.00013	1.43206	0.28675	2.57361	0.56627	0.00022
		1	28	0.00003	0.00045	0.00016	0.00010	1.23390	0.44052	1.72483	0.85833	0.00013
	2	Total	98	0.00003	0.00074	0.00022	0.00013	1.31400	0.24376	2.42549	0.48296	0.00019
		0	45	0.00006	0.00086	0.00034	0.00018	0.69564	0.35373	0.51451	0.69454	0.00029
		1	41	0.00009	0.00056	0.00029	0.00013	0.55822	0.36950	-0.60797	0.72448	0.00026
	3	Total	86	0.00006	0.00086	0.00031	0.00016	0.80848	0.25968	0.80906	0.51390	0.00027
		0	68	0.00000	0.00140	0.00018	0.00027	2.85080	0.29076	9.32072	0.57400	0.00006
		1	24	0.00000	0.00085	0.00009	0.00017	3.96498	0.47226	17.26671	0.91778	0.00003
SbinC	1	Total	92	0.00000	0.00140	0.00016	0.00025	3.05243	0.25134	10.69972	0.49771	0.00005
		0	70	0.00015	0.00105	0.00041	0.00020	1.17583	0.28675	1.36072	0.56627	0.00037
		1	28	0.00006	0.00077	0.00028	0.00018	1.23818	0.44052	1.37931	0.85833	0.00023
	2	Total	98	0.00006	0.00105	0.00038	0.00020	1.09043	0.24376	1.21929	0.48296	0.00032
		0	45	0.00005	0.00394	0.00046	0.00058	4.99596	0.35373	29.59317	0.69454	0.00033
		1	41	0.00009	0.00131	0.00031	0.00023	2.84372	0.36950	9.90582	0.72448	0.00026
	3	Total	86	0.00005	0.00394	0.00039	0.00046	5.85283	0.25968	43.84627	0.51390	0.00029
		0	68	0.00002	0.00056	0.00011	0.00010	2.66399	0.29076	8.58742	0.57400	0.00009
		1	24	0.00001	0.00014	0.00006	0.00004	0.43011	0.47226	-0.80901	0.91778	0.00005
CsinC	1	Total	92	0.00001	0.00056	0.00010	0.00009	2.95021	0.25134	11.16620	0.49771	0.00007
		0	70	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	3.22962	0.28675	16.03085	0.56627	0.00001
		1	28	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	-0.29501	0.44052	-0.98203	0.85833	0.00001
	2	Total	98	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	3.14436	0.24376	17.70488	0.48296	0.00001
		0	45	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	2.01507	0.35373	6.51337	0.69454	0.00001
		1	41	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.70764	0.36950	1.95199	0.72448	0.00001
	3	Total	86	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	1.41943	0.25968	4.10760	0.51390	0.00001
		0	68	0.00000	0.00005	0.00001	0.00001	6.33084	0.29076	47.88873	0.57400	0.00000
		1	24	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	-0.74965	0.47226	-1.24302	0.91778	0.00000
BainC	1	Total	92	0.00000	0.00005	0.00001	0.00000	6.62630	0.25134	56.54117	0.49771	0.00000
		0	70	0.00054	0.00459	0.00161	0.00063	1.94226	0.28675	7.00386	0.56627	0.00150
		1	28	0.00083	0.00418	0.00151	0.00084	1.90051	0.44052	3.47634	0.85833	0.00135
	2	Total	98	0.00054	0.00459	0.00158	0.00069	1.86828	0.24376	5.03276	0.48296	0.00146
		0	45	0.00007	0.00329	0.00157	0.00069	0.36166	0.35373	0.32174	0.69454	0.00136
		1	41	0.00078	0.00309	0.00164	0.00053	1.09691	0.36950	0.97495	0.72448	0.00157
	3	Total	86	0.00007	0.00329	0.00161	0.00062	0.52605	0.25968	0.63659	0.51390	0.00146
		0	68	0.00006	0.00357	0.00084	0.00064	2.51794	0.29076	7.60945	0.57400	0.00068
		1	24	0.00039	0.00548	0.00103	0.00109	3.41360	0.47226	12.55027	0.91778	0.00081
LainC	1	Total	92	0.00006	0.00548	0.00089	0.00078	3.41635	0.25134	14.76077	0.49771	0.00071
		0	70	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	0.17838	0.28675	-0.39712	0.56627	0.00002
		1	28	0.00001	0.00005	0.00003	0.00001	-0.09382	0.44052	-0.77539	0.85833	0.00003
	2	Total	98	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	0.02695	0.24376	-0.55987	0.48296	0.00003
		0	45	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.37047	0.35373	-0.36017	0.69454	0.00002
		1	41	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	-0.11855	0.36950	-0.68916	0.72448	0.00002
	3	Total	86	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.15094	0.25968	-0.47749	0.51390	0.00002
		0	68	0.00001	0.00005	0.00002	0.00001	0.78675	0.29076	2.50161	0.57400	0.00002
		1	24	0.00001	0.00005	0.00003	0.00001	-0.46409	0.47226	0.40132	0.91778	0.00003

5. Resultados

CeinC	1	Total	92	0.00001	0.00005	0.00003	0.00001	0.45853	0.25134	0.73639	0.49771	0.00002
		0	70	0.00002	0.00010	0.00006	0.00001	0.64192	0.28675	1.21902	0.56627	0.00006
		1	28	0.00004	0.00010	0.00007	0.00002	0.03701	0.44052	-1.12159	0.85833	0.00007
	2	Total	98	0.00002	0.00010	0.00006	0.00002	0.52946	0.24376	0.03639	0.48296	0.00006
		0	45	0.00000	0.00012	0.00005	0.00003	-0.27500	0.35373	-0.89041	0.69454	0.00003
		1	41	0.00000	0.00013	0.00006	0.00003	-0.06390	0.36950	-0.73710	0.72448	0.00005
	3	Total	86	0.00000	0.00013	0.00005	0.00003	-0.13502	0.25968	-0.69887	0.51390	0.00003
		0	68	0.00000	0.00008	0.00004	0.00002	-0.06468	0.29076	1.36744	0.57400	0.00004
		1	24	0.00002	0.00009	0.00006	0.00002	0.07705	0.47226	-1.22765	0.91778	0.00006
PrinC	1	Total	92	0.00000	0.00009	0.00005	0.00002	0.31935	0.25134	0.50039	0.49771	0.00004
		0	70	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.62583	0.28675	0.24914	0.56627	0.00001
		1	28	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.29766	0.44052	0.29962	0.85833	0.00001
	2	Total	98	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.56154	0.24376	0.20487	0.48296	0.00001
		0	45	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	-0.24904	0.35373	-1.07795	0.69454	0.00000
		1	41	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	-0.22833	0.36950	-0.91069	0.72448	0.00000
	3	Total	86	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	-0.19092	0.25968	-0.91970	0.51390	0.00000
		0	68	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	2.45820	0.29076	8.47427	0.57400	0.00001
		1	24	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	2.16287	0.47226	7.65984	0.91778	0.00001
NdinC	1	Total	92	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	2.21935	0.25134	7.08329	0.49771	0.00001
		0	70	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	0.36797	0.28675	-0.25311	0.56627	0.00002
		1	28	0.00001	0.00005	0.00003	0.00001	-0.13943	0.44052	-0.89831	0.85833	0.00003
	2	Total	98	0.00000	0.00006	0.00003	0.00001	0.20417	0.24376	-0.44729	0.48296	0.00002
		0	45	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	-0.31158	0.35373	-1.30949	0.69454	0.00001
		1	41	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.24685	0.36950	-1.01340	0.72448	0.00002
	3	Total	86	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.23838	0.25968	-1.05736	0.51390	0.00001
		0	68	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	0.26928	0.29076	2.00742	0.57400	0.00002
		1	24	0.00001	0.00004	0.00003	0.00001	-0.31260	0.47226	-0.85002	0.91778	0.00003
HfinC	1	Total	92	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	0.26495	0.25134	0.40018	0.49771	0.00002
		0	70	0.00000	0.00012	0.00003	0.00003	1.15387	0.28675	0.16641	0.56627	0.00001
		1	28	0.00000	0.00017	0.00003	0.00004	1.90259	0.44052	3.83356	0.85833	0.00001
	2	Total	98	0.00000	0.00017	0.00003	0.00004	1.54175	0.24376	2.34315	0.48296	0.00001
		0	45	0.00000	0.00011	0.00004	0.00002	0.37349	0.35373	-0.03505	0.69454	0.00003
		1	41	0.00001	0.00016	0.00006	0.00003	1.41244	0.36950	2.69787	0.72448	0.00005
	3	Total	86	0.00000	0.00016	0.00005	0.00003	1.03394	0.25968	2.30261	0.51390	0.00004
		0	68	0.00000	0.00031	0.00006	0.00007	1.66899	0.29076	2.68069	0.57400	0.00001
		1	24	0.00000	0.00014	0.00003	0.00004	1.82536	0.47226	2.69750	0.91778	0.00000
TlinC	1	Total	92	0.00000	0.00031	0.00005	0.00007	1.87046	0.25134	3.69353	0.49771	0.00001
		0	70	0.00000	0.00027	0.00001	0.00003	7.04512	0.28675	54.87463	0.56627	0.00001
		1	28	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.73700	0.44052	0.12734	0.85833	0.00001
	2	Total	98	0.00000	0.00027	0.00001	0.00003	8.00232	0.24376	72.71702	0.48296	0.00001
		0	45	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	1.46145	0.35373	1.39685	0.69454	0.00001
		1	41	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	1.64052	0.36950	2.45099	0.72448	0.00001
	3	Total	86	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	1.52685	0.25968	1.76551	0.51390	0.00001
		0	68	0.00000	0.00041	0.00001	0.00005	8.14487	0.29076	66.85153	0.57400	0.00000
		1	24	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	3.29751	0.47226	12.88091	0.91778	0.00000
PbinC	1	Total	92	0.00000	0.00041	0.00001	0.00004	9.44577	0.25134	90.08489	0.49771	0.00000
		0	70	0.00071	0.00982	0.00232	0.00151	2.63311	0.28675	9.41226	0.56627	0.00201
		1	28	0.00044	0.00341	0.00176	0.00085	0.33545	0.44052	-1.01827	0.85833	0.00155
	2	Total	98	0.00044	0.00982	0.00216	0.00138	2.68964	0.24376	10.97749	0.48296	0.00186
		0	45	0.00058	0.01573	0.00276	0.00252	3.42057	0.35373	15.84361	0.69454	0.00212
		1	41	0.00056	0.00350	0.00183	0.00084	0.56847	0.36950	-0.81327	0.72448	0.00164
	3	Total	86	0.00056	0.01573	0.00231	0.00196	4.22889	0.25968	25.95710	0.51390	0.00187
		0	68	0.00011	0.00371	0.00078	0.00066	2.68849	0.29076	9.32622	0.57400	0.00060
		1	24	0.00017	0.00160	0.00062	0.00037	0.86717	0.47226	0.57081	0.91778	0.00051

5. Resultados

ThinC	1	Total	92	0.00011	0.00371	0.00074	0.00060	2.77848	0.25134	10.82506	0.49771	0.00058
		0	70	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	2.27175	0.28675	8.22639	0.56627	0.00001
		1	28	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.55512	0.44052	0.66786	0.85833	0.00001
	2	Total	98	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	2.27733	0.24376	9.34291	0.48296	0.00001
		0	45	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	-0.21737	0.35373	-0.12535	0.69454	0.00001
		1	41	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	-0.54295	0.36950	-0.67805	0.72448	0.00001
	3	Total	86	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	-0.19928	0.25968	-0.64085	0.51390	0.00001
		0	68	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.80531	0.29076	0.57395	0.57400	0.00000
		1	24	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.23968	0.47226	-0.74433	0.91778	0.00000
UinC	1	Total	92	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.69833	0.25134	0.38639	0.49771	0.00000
		0	70	0.00000	0.00016	0.00002	0.00003	3.15690	0.28675	12.14814	0.56627	0.00001
		1	28	0.00000	0.00009	0.00002	0.00002	2.72926	0.44052	8.39692	0.85833	0.00001
	2	Total	98	0.00000	0.00016	0.00002	0.00003	3.18831	0.24376	12.75287	0.48296	0.00001
		0	45	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.47497	0.35373	0.82970	0.69454	0.00001
		1	41	0.00001	0.00003	0.00001	0.00001	0.53982	0.36950	0.39513	0.72448	0.00001
	3	Total	86	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.50183	0.25968	0.51782	0.51390	0.00001
		0	68	0.00000	0.00011	0.00001	0.00002	3.26743	0.29076	12.71777	0.57400	0.00000
		1	24	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	3.87281	0.47226	16.70103	0.91778	0.00000
MoinC	1	Total	92	0.00000	0.00011	0.00001	0.00002	3.36680	0.25134	13.22605	0.49771	0.00000
		0	70	0.00000	0.00086	0.00019	0.00024	1.12377	0.28675	0.15320	0.56627	0.00004
		1	28	0.00000	0.00077	0.00014	0.00021	1.85036	0.44052	2.94020	0.85833	0.00003
	2	Total	98	0.00000	0.00086	0.00018	0.00024	1.27752	0.24376	0.57343	0.48296	0.00004
		0	45	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	6.70820	0.35373	45.00000	0.69454	0.00000
		1	41	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	.	.	.	.	0.00000
	3	Total	86	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	9.27362	0.25968	86.00000	0.51390	0.00000
		0	68	0.00000	0.00150	0.00023	0.00033	2.10658	0.29076	4.53658	0.57400	0.00005
		1	24	0.00000	0.00035	0.00009	0.00011	1.56018	0.47226	1.52942	0.91778	0.00004
		Total	92	0.00000	0.00150	0.00019	0.00029	2.48255	0.25134	6.80443	0.49771	0.00004

e) Los datos de las variables de las estaciones de Santa Ana y Mompeán se consideran conjuntamente en la fracción PM_{2.5}.

	Intrusión	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.A.
PM _{2.5}	0	168	4.71546	51.16672	22.33816	8.81816	0.78862	0.18732	0.59921	0.37253	20.63408
	1	105	9.11265	45.00000	23.67255	7.93924	0.58149	0.23572	-0.12629	0.46731	22.37619
	Total	273	4.71546	51.16672	22.85139	8.50092	0.69396	0.14744	0.33204	0.29384	21.28747
PM _{2.5} M	0	122	4.71546	51.16672	21.54434	8.84267	0.91154	0.21910	1.00930	0.43486	19.80681
	1	71	10.88493	45.00000	24.05910	7.88867	0.63177	0.28480	-0.03902	0.56251	22.81801
	Total	193	4.71546	51.16672	22.46946	8.56998	0.75935	0.17497	0.55644	0.34820	20.86533
OM+EC	0	95	0.83205	12.22568	4.71333	2.57314	0.80865	0.24746	0.03163	0.49017	4.03132
	1	51	0.52481	11.38647	4.29477	2.43865	1.07557	0.33346	1.07442	0.65592	3.60398
	Total	146	0.52481	12.22568	4.56712	2.52647	0.88730	0.20068	0.27536	0.39877	3.87658
Al ₂ O ₃	0	122	0.01663	3.10998	0.34711	0.39823	4.83584	0.21910	29.83884	0.43486	0.23052
	1	71	0.01663	2.34714	0.57165	0.49352	1.95315	0.28480	4.30018	0.56251	0.40045
	Total	193	0.01663	3.10998	0.42971	0.44780	3.22104	0.17497	13.46849	0.34820	0.28245
Ca	0	122	0.01003	7.00314	0.58057	0.72921	6.03140	0.21910	49.93244	0.43486	0.38049
	1	71	0.07910	1.58901	0.48307	0.31930	1.47232	0.28480	2.12883	0.56251	0.39550
	Total	193	0.01003	7.00314	0.54470	0.61197	6.59510	0.17497	64.73647	0.34820	0.38595
Ca _{sol}	0	23	0.18000	2.03285	0.70337	0.40152	1.60091	0.48134	4.43924	0.93476	0.60437
	1	25	0.09000	1.40000	0.43688	0.30891	2.10683	0.46368	3.99044	0.90172	0.36785
	Total	48	0.09000	2.03285	0.56457	0.37722	1.68010	0.34315	3.72352	0.67440	0.46665
K	0	122	0.03402	0.81884	0.21427	0.12634	1.81461	0.21910	5.18753	0.43486	0.18376

5. Resultados

	1	71	0.05586	0.58441	0.23206	0.13262	1.01388	0.28480	0.26727	0.56251	0.19887
	Total	193	0.03402	0.81884	0.22082	0.12863	1.48392	0.17497	2.98382	0.34820	0.18918
K _{sol}	0	23	0.08000	0.52000	0.22150	0.10836	1.42230	0.48134	2.10683	0.93476	0.20014
	1	25	0.08000	0.56726	0.21833	0.14141	1.27864	0.46368	0.74183	0.90172	0.18335
	Total	48	0.08000	0.56726	0.21985	0.12534	1.29979	0.34315	1.07548	0.67440	0.19121
Na	0	122	0.00503	1.35181	0.26559	0.26447	1.89453	0.21910	4.02168	0.43486	0.16755
	1	71	0.01007	1.14812	0.39171	0.29930	0.88818	0.28480	-0.28296	0.56251	0.27949
	Total	193	0.00503	1.35181	0.31199	0.28365	1.41513	0.17497	1.56967	0.34820	0.20225
Na _{sol}	0	23	0.06881	1.15634	0.30838	0.23562	2.31333	0.48134	7.03702	0.93476	0.24843
	1	25	0.08842	0.79015	0.34803	0.19974	0.79135	0.46368	-0.13537	0.90172	0.29458
	Total	48	0.06881	1.15634	0.32903	0.21624	1.59400	0.34315	3.48261	0.67440	0.27148
Mg	0	122	0.00033	0.86359	0.11784	0.12368	2.66737	0.21910	10.83129	0.43486	0.07249
	1	71	0.00573	0.48648	0.15282	0.10324	1.40046	0.28480	1.92474	0.56251	0.12063
	Total	193	0.00033	0.86359	0.13071	0.11752	2.21762	0.17497	8.05139	0.34820	0.08742
Mg _{sol}	0	23	0.04000	0.20618	0.10353	0.04517	0.38142	0.48134	-0.61180	0.93476	0.09375
	1	25	0.05000	0.16000	0.09926	0.02978	0.20837	0.46368	-0.52172	0.90172	0.09479
	Total	48	0.04000	0.20618	0.10131	0.03758	0.41675	0.34315	-0.19703	0.67440	0.09429
Fe	0	122	0.01104	1.10480	0.14741	0.15997	3.62509	0.21910	16.71480	0.43486	0.10361
	1	71	0.02772	0.82239	0.21866	0.16670	1.65810	0.28480	2.89900	0.56251	0.16864
	Total	193	0.01104	1.10480	0.17362	0.16566	2.67654	0.17497	9.34667	0.34820	0.12395
SO ₄ ²⁻	0	122	0.62468	9.51641	3.22558	1.59955	1.37039	0.21910	2.98784	0.43486	2.86538
	1	71	0.84526	10.88778	5.15004	1.88423	0.07438	0.28480	1.00301	0.56251	4.70897
	Total	193	0.62468	10.88778	3.93354	1.94230	0.74362	0.17497	0.54648	0.34820	3.43993
NO ₃ ⁻	0	95	0.32804	7.16000	1.71113	1.54977	1.85292	0.24746	3.15083	0.49017	1.24269
	1	51	0.32000	7.55762	1.41568	1.51098	2.57112	0.33346	6.56564	0.65592	1.01280
	Total	146	0.32000	7.55762	1.60793	1.53762	2.04761	0.20068	3.89081	0.39877	1.15699
Cl ⁻	0	95	0.00000	0.96992	0.36414	0.16551	0.60766	0.24746	1.75853	0.49017	0.00000
	1	51	0.04351	0.75235	0.27304	0.15321	0.58381	0.33346	0.68158	0.65592	0.22396
	Total	146	0.00000	0.96992	0.33232	0.16659	0.58065	0.20068	1.28063	0.39877	0.00000
F ⁻	0	23	0.00068	0.08221	0.03270	0.02161	0.40547	0.48134	-0.22085	0.93476	0.01996
	1	25	0.00068	0.05462	0.02022	0.01623	0.18264	0.46368	-0.88630	0.90172	0.00847
	Total	48	0.00068	0.08221	0.02620	0.01982	0.53421	0.34315	0.06552	0.67440	0.01277
NH ₄ ⁺	0	95	0.10000	11.60000	1.71064	1.44180	3.74519	0.24746	22.86229	0.49017	1.32042
	1	51	0.47000	6.83000	2.15638	1.02830	1.99668	0.33346	7.79412	0.65592	1.94235
	Total	146	0.10000	11.60000	1.86634	1.32579	3.27913	0.20068	20.13433	0.39877	1.51100
Li	0	122	0.00001	0.00452	0.00027	0.00055	6.60962	0.21910	46.85727	0.43486	0.00015
	1	71	0.00001	0.00081	0.00025	0.00016	1.63447	0.28480	2.76578	0.56251	0.00020
	Total	193	0.00001	0.00452	0.00026	0.00045	7.73713	0.17497	67.74029	0.34820	0.00017
P	0	122	0.00053	0.06582	0.01168	0.00928	2.37887	0.21910	10.17306	0.43486	0.00836
	1	71	0.00053	0.03677	0.01342	0.00826	0.57462	0.28480	-0.06355	0.56251	0.01002
	Total	193	0.00053	0.06582	0.01232	0.00893	1.80014	0.17497	6.90326	0.34820	0.00894
Ti	0	122	0.00096	0.09495	0.00972	0.01179	5.18650	0.21910	32.61485	0.43486	0.00705
	1	71	0.00298	0.06733	0.01582	0.01424	2.19454	0.28480	5.04566	0.56251	0.01169
	Total	193	0.00096	0.09495	0.01196	0.01305	3.54512	0.17497	15.55830	0.34820	0.00849
V	0	122	0.00005	0.05056	0.00697	0.00812	2.58572	0.21910	8.32653	0.43486	0.00401
	1	71	0.00062	0.04403	0.01094	0.00909	1.67313	0.28480	3.18059	0.56251	0.00782
	Total	193	0.00005	0.05056	0.00843	0.00868	2.08818	0.17497	5.18149	0.34820	0.00513
Cr	0	122	0.00002	0.01865	0.00139	0.00223	5.66413	0.21910	37.61073	0.43486	0.00074
	1	71	0.00002	0.00280	0.00128	0.00060	0.29568	0.28480	-0.11200	0.56251	0.00108
	Total	193	0.00002	0.01865	0.00135	0.00181	6.72027	0.17497	55.83585	0.34820	0.00085
Mn	0	122	0.00008	0.02828	0.00364	0.00384	3.78176	0.21910	19.66424	0.43486	0.00238
	1	71	0.00066	0.01446	0.00479	0.00331	1.25919	0.28480	0.86975	0.56251	0.00381

5. Resultados

Co	Total	193	0.00008	0.02828	0.00406	0.00369	2.93896	0.17497	13.50568	0.34820	0.00283
	0	122	0.00000	0.00043	0.00010	0.00008	1.43158	0.21910	3.54470	0.43486	0.00005
	1	71	0.00000	0.00044	0.00013	0.00010	1.61173	0.28480	3.08367	0.56251	0.00007
Ni	Total	193	0.00000	0.00044	0.00011	0.00008	1.60396	0.17497	3.72142	0.34820	0.00006
	0	122	0.00016	0.01837	0.00323	0.00336	2.12157	0.21910	5.07634	0.43486	0.00194
	1	71	0.00016	0.01804	0.00505	0.00421	1.48674	0.28480	1.95709	0.56251	0.00347
Cu	Total	193	0.00016	0.01837	0.00390	0.00379	1.81302	0.17497	3.34589	0.34820	0.00241
	0	122	0.00029	0.08372	0.00641	0.01007	4.55242	0.21910	29.45034	0.43486	0.00257
	1	71	0.00029	0.03005	0.00500	0.00582	2.60950	0.28480	7.91533	0.56251	0.00271
Zn	Total	193	0.00029	0.08372	0.00589	0.00876	4.70768	0.17497	33.83140	0.34820	0.00262
	0	122	0.00009	1.01975	0.05038	0.10410	6.99591	0.21910	62.61533	0.43486	0.01997
	1	71	0.00018	0.48723	0.05584	0.07656	3.46061	0.28480	15.29523	0.56251	0.02782
As	Total	193	0.00009	1.01975	0.05239	0.09473	6.44715	0.17497	58.54824	0.34820	0.02256
	0	122	0.00002	0.00502	0.00068	0.00082	3.18569	0.21910	12.17122	0.43486	0.00043
	1	71	0.00014	0.00269	0.00072	0.00059	2.06558	0.28480	3.91164	0.56251	0.00056
Se	Total	193	0.00002	0.00502	0.00069	0.00074	3.03684	0.17497	11.78762	0.34820	0.00048
	0	122	0.00000	0.00163	0.00040	0.00033	1.05478	0.21910	1.17992	0.43486	0.00019
	1	71	0.00000	0.00099	0.00045	0.00027	0.05089	0.28480	-0.94363	0.56251	0.00026
Rb	Total	193	0.00000	0.00163	0.00042	0.00031	0.76044	0.17497	0.58926	0.34820	0.00021
	0	122	0.00010	0.00235	0.00039	0.00030	3.98567	0.21910	20.34574	0.43486	0.00033
	1	71	0.00013	0.00160	0.00048	0.00030	1.76107	0.28480	3.90978	0.56251	0.00041
Sr	Total	193	0.00010	0.00235	0.00042	0.00030	3.06167	0.17497	12.95396	0.34820	0.00036
	0	122	0.00006	0.02182	0.00201	0.00233	5.57295	0.21910	43.35058	0.43486	0.00135
	1	71	0.00014	0.00595	0.00223	0.00126	0.92728	0.28480	0.66268	0.56251	0.00186
Y	Total	193	0.00006	0.02182	0.00209	0.00200	5.51250	0.17497	49.01484	0.34820	0.00152
	0	122	0.00001	0.00070	0.00015	0.00015	1.23458	0.21910	0.77514	0.43486	0.00007
	1	71	0.00001	0.00055	0.00018	0.00016	1.07050	0.28480	-0.06459	0.56251	0.00010
Zr	Total	193	0.00001	0.00070	0.00016	0.00015	1.15344	0.17497	0.38994	0.34820	0.00008
	0	122	0.00005	0.01908	0.00694	0.00365	-0.07018	0.21910	-0.06177	0.43486	0.00472
	1	71	0.00005	0.01330	0.00821	0.00331	-0.67118	0.28480	-0.03444	0.56251	0.00670
Cd	Total	193	0.00005	0.01908	0.00741	0.00358	-0.28260	0.17497	-0.21058	0.34820	0.00537
	0	122	0.00000	0.00281	0.00026	0.00036	4.16718	0.21910	23.60918	0.43486	0.00012
	1	71	0.00000	0.00299	0.00033	0.00044	3.83420	0.28480	19.57753	0.56251	0.00018
Sn	Total	193	0.00000	0.00299	0.00028	0.00039	4.02411	0.17497	21.63714	0.34820	0.00014
	0	122	0.00002	0.00623	0.00161	0.00157	1.16888	0.21910	0.62195	0.43486	0.00074
	1	71	0.00002	0.00511	0.00137	0.00120	1.55278	0.28480	1.70970	0.56251	0.00091
Sb	Total	193	0.00002	0.00623	0.00152	0.00145	1.31268	0.17497	1.05995	0.34820	0.00080
	0	122	0.00005	0.04145	0.00143	0.00390	9.13491	0.21910	92.95521	0.43486	0.00066
	1	71	0.00012	0.01142	0.00125	0.00182	3.84229	0.28480	17.34375	0.56251	0.00074
Cs	Total	193	0.00005	0.04145	0.00136	0.00329	9.83909	0.17497	116.23111	0.34820	0.00069
	0	122	0.00000	0.00022	0.00002	0.00003	3.61909	0.21910	18.70880	0.43486	0.00000
	1	71	0.00000	0.00010	0.00003	0.00002	0.88509	0.28480	1.08662	0.56251	0.00001
Ba	Total	193	0.00000	0.00022	0.00003	0.00003	2.93023	0.17497	14.85353	0.34820	0.00000
	0	122	0.00001	0.02605	0.00503	0.00546	1.52001	0.21910	2.69142	0.43486	0.00115
	1	71	0.00001	0.05621	0.00850	0.00810	3.30531	0.28480	16.65140	0.56251	0.00472
La	Total	193	0.00001	0.05621	0.00630	0.00675	2.84230	0.17497	15.44799	0.34820	0.00193
	0	122	0.00000	0.00071	0.00008	0.00010	3.08520	0.21910	13.91610	0.43486	0.00003
	1	71	0.00000	0.00061	0.00015	0.00014	1.44158	0.28480	2.21945	0.56251	0.00006
Ce	Total	193	0.00000	0.00071	0.00011	0.00012	2.19882	0.17497	6.20267	0.34820	0.00004
	0	122	0.00000	0.00124	0.00016	0.00020	2.90166	0.21910	11.98493	0.43486	0.00004
	1	71	0.00000	0.00140	0.00029	0.00031	1.65333	0.28480	2.95918	0.56251	0.00009
	Total	193	0.00000	0.00140	0.00021	0.00026	2.29330	0.17497	6.44606	0.34820	0.00005

5. Resultados

Pr	0	122	0.00000	0.00012	0.00002	0.00003	1.67053	0.21910	2.05745	0.43486	0.00001
	1	71	0.00000	0.00014	0.00004	0.00004	1.09945	0.28480	0.23607	0.56251	0.00001
	Total	193	0.00000	0.00014	0.00003	0.00003	1.43698	0.17497	1.20582	0.34820	0.00001
Nd	0	122	0.00000	0.00059	0.00008	0.00010	2.62071	0.21910	9.63020	0.43486	0.00003
	1	71	0.00000	0.00053	0.00012	0.00013	1.51077	0.28480	2.10484	0.56251	0.00006
	Total	193	0.00000	0.00059	0.00009	0.00011	2.07632	0.17497	5.08833	0.34820	0.00004
Hf	0	122	0.00000	0.00168	0.00049	0.00050	1.35628	0.21910	0.45269	0.43486	0.00024
	1	71	0.00000	0.00167	0.00044	0.00030	2.32771	0.28480	7.65576	0.56251	0.00032
	Total	193	0.00000	0.00168	0.00047	0.00043	1.61224	0.17497	1.68162	0.34820	0.00027
Ti	0	122	0.00000	0.00405	0.00008	0.00036	10.85982	0.21910	119.22841	0.43486	0.00003
	1	71	0.00000	0.00019	0.00005	0.00004	1.07767	0.28480	1.64468	0.56251	0.00004
	Total	193	0.00000	0.00405	0.00007	0.00029	13.53994	0.17497	186.41338	0.34820	0.00003
Pb	0	122	0.00016	0.07990	0.00957	0.01219	3.71886	0.21910	17.26751	0.43486	0.00598
	1	71	0.00220	0.04200	0.00972	0.00781	1.77176	0.28480	3.60287	0.56251	0.00750
	Total	193	0.00016	0.07990	0.00962	0.01077	3.61637	0.17497	18.22584	0.34820	0.00650
Th	0	122	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	2.32795	0.21910	7.29081	0.43486	0.00001
	1	71	0.00000	0.00017	0.00004	0.00004	1.17813	0.28480	0.90361	0.56251	0.00002
	Total	193	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	1.83559	0.17497	4.29857	0.34820	0.00001
U	0	122	0.00000	0.00034	0.00007	0.00007	1.08431	0.21910	1.14342	0.43486	0.00001
	1	71	0.00000	0.00023	0.00008	0.00007	0.24155	0.28480	-1.04065	0.56251	0.00003
	Total	193	0.00000	0.00034	0.00007	0.00007	0.78209	0.17497	0.30707	0.34820	0.00002
Mo	0	122	0.00000	0.01420	0.00059	0.00204	5.37694	0.21910	31.21001	0.43486	0.00000
	1	71	0.00000	0.00265	0.00019	0.00056	3.19212	0.28480	9.60120	0.56251	0.00000
	Total	193	0.00000	0.01420	0.00044	0.00166	6.46712	0.17497	47.03299	0.34820	0.00000

f) Los cocientes de las variables respecto de la componente crustal de las estaciones de Santa Ana y Mompeán se consideran conjuntamente en la fracción $PM_{2.5}$.

	Int.	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
$PM_{2.5}inC$	0	122	0.85321	49.36636	9.94435	8.95550	2.16951	0.21910	5.03355	0.43486	7.35117
	1	71	2.25488	21.74848	7.17072	4.13420	1.37475	0.28480	1.87610	0.56251	6.18670
	Total	193	0.85321	49.36636	8.92400	7.65330	2.52677	0.17497	7.75103	0.34820	6.89928
$PM_{2.5}MinC$	0	122	0.85321	49.36636	9.94435	8.95550	2.16951	0.21910	5.03355	0.43486	7.35117
	1	71	2.25488	21.74848	7.17072	4.13420	1.37475	0.28480	1.87610	0.56251	6.18670
	Total	193	0.85321	49.36636	8.92400	7.65330	2.52677	0.17497	7.75103	0.34820	6.89928
OM+ECinC	0	95	0.27614	12.66738	2.49779	2.36423	2.03868	0.24746	4.34093	0.49017	1.75388
	1	51	0.05478	4.18561	1.49199	0.97477	0.94681	0.33346	1.07444	0.65592	1.09748
	Total	146	0.05478	12.66738	2.14645	2.04518	2.42898	0.20068	7.02859	0.39877	1.48894
Al_2O_3inC	0	122	0.01170	0.16504	0.09288	0.03226	-0.07042	0.21910	0.18318	0.43486	0.08556
	1	71	0.00927	0.17823	0.11669	0.03632	-0.43733	0.28480	0.10952	0.56251	0.10857
	Total	193	0.00927	0.17823	0.10164	0.03563	-0.07977	0.17497	-0.10961	0.34820	0.09339
CainC	0	122	0.03698	0.32256	0.15131	0.05304	0.35611	0.21910	0.47341	0.43486	0.14122
	1	71	0.03665	0.27632	0.11640	0.04642	0.94530	0.28480	2.43460	0.56251	0.10723
	Total	193	0.03665	0.32256	0.13847	0.05333	0.53389	0.17497	0.57504	0.34820	0.12762
$Ca_{sol}inC$	0	23	0.13392	0.19254	0.16391	0.01596	-0.03829	0.48134	-0.74170	0.93476	0.16315
	1	25	0.05831	0.20197	0.12134	0.03108	0.13013	0.46368	1.01355	0.90172	0.11722
	Total	48	0.05831	0.20197	0.14173	0.03278	-0.58257	0.34315	0.08936	0.67440	0.13734
KinC	0	122	0.02120	0.40772	0.09053	0.08417	2.29738	0.21910	5.04682	0.43486	0.06820
	1	71	0.02316	0.16589	0.05958	0.02952	1.64355	0.28480	3.07307	0.56251	0.05392
	Total	193	0.02120	0.40772	0.07915	0.07075	2.84176	0.17497	8.80155	0.34820	0.06255
$K_{sol}inC$	0	23	0.02406	0.11517	0.05885	0.02544	0.88960	0.48134	0.11167	0.93476	0.05403

5. Resultados

	1	25	0.03248	0.13243	0.06220	0.02387	1.28333	0.46368	1.81023	0.90172	0.05843
	Total	48	0.02406	0.13243	0.06059	0.02443	1.02173	0.34315	0.70905	0.67440	0.05628
NainC	0	122	0.00591	0.46115	0.09328	0.08659	1.65475	0.21910	3.04229	0.43486	0.06219
	1	71	0.01284	0.55454	0.11757	0.11619	1.81905	0.28480	3.41240	0.56251	0.07578
	Total	193	0.00591	0.55454	0.10222	0.09892	1.85599	0.17497	3.98901	0.34820	0.06688
Na _{sol} inC	0	23	0.01643	0.30092	0.08970	0.07411	1.59533	0.48134	2.30263	0.93476	0.06707
	1	25	0.01276	0.45345	0.14014	0.12068	1.12282	0.46368	0.52175	0.90172	0.09387
	Total	48	0.01276	0.45345	0.11597	0.10323	1.46072	0.34315	1.71557	0.67440	0.07990
MginC	0	122	0.00108	0.16698	0.03347	0.02786	3.15336	0.21910	11.15327	0.43486	0.02690
	1	71	0.00911	0.18789	0.03842	0.02785	3.03986	0.28480	12.08223	0.56251	0.03271
	Total	193	0.00108	0.18789	0.03529	0.02788	3.05309	0.17497	10.96546	0.34820	0.02891
Mg _{sol} inC	0	23	0.01263	0.05058	0.02663	0.00909	1.13617	0.48134	1.12474	0.93476	0.02531
	1	25	0.01642	0.06214	0.03321	0.01512	0.73924	0.46368	-0.82240	0.90172	0.03020
	Total	48	0.01263	0.06214	0.03005	0.01290	1.10245	0.34315	0.28274	0.67440	0.02775
FeinC	0	122	0.01223	0.19021	0.04251	0.02219	2.87690	0.21910	15.26964	0.43486	0.03845
	1	71	0.01338	0.08835	0.04817	0.01490	0.23606	0.28480	-0.14881	0.56251	0.04572
	Total	193	0.01223	0.19021	0.04459	0.01997	2.37333	0.17497	13.64533	0.34820	0.04098
SO ₄ ²⁻ inC	0	122	0.08324	5.22049	1.40716	1.04516	1.32688	0.21910	1.53346	0.43486	1.06347
	1	71	0.23808	4.46164	1.52475	0.87914	0.92408	0.28480	0.78147	0.56251	1.27675
	Total	193	0.08324	5.22049	1.45042	0.98662	1.19428	0.17497	1.30976	0.34820	1.13744
NO ₃ ⁻ inC	0	95	0.07513	7.14775	0.98117	1.23467	2.49200	0.24746	7.51127	0.49017	0.54065
	1	51	0.05900	2.78023	0.47386	0.49383	2.44810	0.33346	8.48411	0.65592	0.30842
	Total	146	0.05900	7.14775	0.80396	1.06359	2.95559	0.20068	11.13600	0.39877	0.44438
Cl ⁻ inC	0	95	0.00000	1.27901	0.21761	0.23159	2.54153	0.24746	8.05755	0.49017	0.00000
	1	51	0.01235	0.50857	0.10991	0.11654	1.79108	0.33346	2.85258	0.65592	0.06820
	Total	146	0.00000	1.27901	0.17999	0.20520	2.79590	0.20068	10.48790	0.39877	0.00000
FinC	0	23	0.00015	0.03887	0.01009	0.00923	1.56191	0.48134	3.10345	0.93476	0.00539
	1	25	0.00009	0.01330	0.00589	0.00452	-0.01178	0.46368	-1.30636	0.90172	0.00270
	Total	48	0.00009	0.03887	0.00790	0.00741	1.86127	0.34315	5.61972	0.67440	0.00376
NH ₄ ⁺ inC	0	95	0.02910	4.09450	0.92558	0.89638	1.55974	0.24746	2.26374	0.49017	0.57447
	1	51	0.07097	2.15822	0.74088	0.47364	1.11137	0.33346	1.32944	0.65592	0.59148
	Total	146	0.02910	4.09450	0.86106	0.77849	1.77191	0.20068	3.63327	0.39877	0.58035
LiinC	0	122	0.00000	0.00295	0.00010	0.00029	8.30898	0.21910	75.69319	0.43486	0.00006
	1	71	0.00001	0.00020	0.00006	0.00003	2.65722	0.28480	13.42332	0.56251	0.00005
	Total	193	0.00000	0.00295	0.00009	0.00024	10.41149	0.17497	119.47968	0.34820	0.00006
PinC	0	122	0.00021	0.02759	0.00439	0.00389	2.62166	0.21910	10.94765	0.43486	0.00310
	1	71	0.00027	0.00911	0.00337	0.00195	0.55037	0.28480	-0.12728	0.56251	0.00272
	Total	193	0.00021	0.02759	0.00402	0.00334	2.84656	0.17497	14.26506	0.34820	0.00295
PinC	0	122	0.00021	0.02759	0.00439	0.00389	2.62166	0.21910	10.94765	0.43486	0.00310
	1	71	0.00027	0.00911	0.00337	0.00195	0.55037	0.28480	-0.12728	0.56251	0.00272
	Total	193	0.00021	0.02759	0.00402	0.00334	2.84656	0.17497	14.26506	0.34820	0.00295
TiinC	0	122	0.00081	0.01552	0.00288	0.00165	4.49607	0.21910	29.47495	0.43486	0.00262
	1	71	0.00127	0.00675	0.00337	0.00117	0.53538	0.28480	-0.10660	0.56251	0.00317
	Total	193	0.00081	0.01552	0.00306	0.00151	3.66375	0.17497	24.82392	0.34820	0.00281
VinC	0	122	0.00005	0.01239	0.00250	0.00261	2.05778	0.21910	4.39079	0.43486	0.00149
	1	71	0.00027	0.02220	0.00316	0.00388	3.36442	0.28480	12.39349	0.56251	0.00212
	Total	193	0.00005	0.02220	0.00274	0.00314	3.12461	0.17497	12.65945	0.34820	0.00170
CrinC	0	122	0.00000	0.00747	0.00059	0.00111	4.49392	0.21910	21.93762	0.43486	0.00027
	1	71	0.00002	0.00164	0.00036	0.00026	2.69251	0.28480	9.86685	0.56251	0.00029
	Total	193	0.00000	0.00747	0.00051	0.00090	5.52003	0.17497	34.48506	0.34820	0.00028
MninC	0	122	0.00002	0.00628	0.00110	0.00076	3.15820	0.21910	18.10512	0.43486	0.00088
	1	71	0.00028	0.00284	0.00113	0.00049	1.14507	0.28480	1.57104	0.56251	0.00103
	Total	193	0.00002	0.00628	0.00111	0.00067	2.97102	0.17497	18.39161	0.34820	0.00094
CoinC	0	122	0.00000	0.00038	0.00004	0.00006	4.14243	0.21910	19.90362	0.43486	0.00002

5. Resultados

	1	71	0.00000	0.00041	0.00004	0.00005	6.08663	0.28480	44.59945	0.56251	0.00002
	Total	193	0.00000	0.00041	0.00004	0.00006	4.64982	0.17497	25.27765	0.34820	0.00002
NiinC	0	122	0.00002	0.00746	0.00124	0.00123	1.99870	0.21910	5.39253	0.43486	0.00072
	1	71	0.00003	0.00949	0.00144	0.00162	3.18733	0.28480	11.75774	0.56251	0.00094
	Total	193	0.00002	0.00949	0.00131	0.00139	2.76224	0.17497	10.37502	0.34820	0.00080
CuinC	0	122	0.00002	0.02998	0.00226	0.00394	5.11486	0.21910	30.93995	0.43486	0.00096
	1	71	0.00006	0.00449	0.00123	0.00110	0.94214	0.28480	0.03242	0.56251	0.00073
	Total	193	0.00002	0.02998	0.00188	0.00324	6.09863	0.17497	46.05550	0.34820	0.00087
ZninC	0	122	0.00010	0.09413	0.01345	0.01629	2.81529	0.21910	9.50217	0.43486	0.00741
	1	71	0.00017	0.08265	0.01327	0.01429	2.55297	0.28480	8.58747	0.56251	0.00754
	Total	193	0.00010	0.09413	0.01338	0.01555	2.74079	0.17497	9.23844	0.34820	0.00746
AsinC	0	122	0.00002	0.00097	0.00022	0.00017	1.71361	0.21910	3.64466	0.43486	0.00016
	1	71	0.00003	0.00119	0.00020	0.00017	3.38579	0.28480	16.36691	0.56251	0.00015
	Total	193	0.00002	0.00119	0.00021	0.00017	2.27574	0.17497	7.54595	0.34820	0.00016
SeinC	0	122	0.00000	0.00148	0.00018	0.00024	3.06417	0.21910	11.32903	0.43486	0.00007
	1	71	0.00000	0.00086	0.00014	0.00014	3.18448	0.28480	13.11875	0.56251	0.00007
	Total	193	0.00000	0.00148	0.00016	0.00021	3.35091	0.17497	14.17362	0.34820	0.00007
RbinC	0	122	0.00004	0.00120	0.00015	0.00013	5.09411	0.21910	35.55259	0.43486	0.00012
	1	71	0.00006	0.00026	0.00012	0.00004	1.71047	0.28480	3.32958	0.56251	0.00011
	Total	193	0.00004	0.00120	0.00014	0.00011	6.06249	0.17497	52.11281	0.34820	0.00012
SrinC	0	122	0.00010	0.00095	0.00054	0.00017	-0.14713	0.21910	0.02973	0.43486	0.00050
	1	71	0.00014	0.00096	0.00053	0.00016	0.58243	0.28480	0.32056	0.56251	0.00050
	Total	193	0.00010	0.00096	0.00053	0.00017	0.07932	0.17497	0.07188	0.34820	0.00050
YinC	0	122	0.00000	0.00025	0.00005	0.00005	1.98847	0.21910	4.01340	0.43486	0.00003
	1	71	0.00000	0.00015	0.00004	0.00003	1.11920	0.28480	0.70655	0.56251	0.00003
	Total	193	0.00000	0.00025	0.00005	0.00005	1.99872	0.17497	4.68078	0.34820	0.00003
ZrinC	0	122	0.00001	0.04053	0.00355	0.00520	4.57292	0.21910	26.00886	0.43486	0.00175
	1	71	0.00002	0.01016	0.00237	0.00160	1.89565	0.28480	6.98223	0.56251	0.00182
	Total	193	0.00001	0.04053	0.00312	0.00428	5.43639	0.17497	38.46744	0.34820	0.00177
CdinC	0	122	0.00000	0.00099	0.00009	0.00013	3.99462	0.21910	22.93743	0.43486	0.00004
	1	71	0.00000	0.00051	0.00008	0.00009	2.50327	0.28480	7.88296	0.56251	0.00005
	Total	193	0.00000	0.00099	0.00009	0.00011	3.90369	0.17497	23.39122	0.34820	0.00004
SninC	0	122	0.00000	0.00622	0.00069	0.00109	3.03627	0.21910	9.74747	0.43486	0.00028
	1	71	0.00001	0.00433	0.00041	0.00056	5.15804	0.28480	34.39123	0.56251	0.00025
	Total	193	0.00000	0.00622	0.00059	0.00094	3.57572	0.17497	14.14038	0.34820	0.00026
SbinC	0	122	0.00002	0.01484	0.00049	0.00136	9.86317	0.21910	104.11121	0.43486	0.00025
	1	71	0.00003	0.00317	0.00031	0.00043	4.93246	0.28480	29.38448	0.56251	0.00020
	Total	193	0.00002	0.01484	0.00042	0.00112	11.49918	0.17497	147.31679	0.34820	0.00023
CsinC	0	122	0.00000	0.00015	0.00001	0.00001	7.87936	0.21910	75.22333	0.43486	0.00000
	1	71	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.68911	0.28480	2.63847	0.56251	0.00000
	Total	193	0.00000	0.00015	0.00001	0.00001	8.82726	0.17497	101.84661	0.34820	0.00000
BainC	0	122	0.00000	0.01233	0.00151	0.00196	2.78022	0.21910	10.03036	0.43486	0.00043
	1	71	0.00000	0.01354	0.00214	0.00190	3.45181	0.28480	18.05580	0.56251	0.00128
	Total	193	0.00000	0.01354	0.00175	0.00196	2.86916	0.17497	11.86013	0.34820	0.00064
LainC	0	122	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	1.37041	0.21910	1.90275	0.43486	0.00001
	1	71	0.00000	0.00010	0.00003	0.00003	0.42890	0.28480	-0.74228	0.56251	0.00002
	Total	193	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	0.97659	0.17497	0.51911	0.34820	0.00001
CeinC	0	122	0.00000	0.00021	0.00005	0.00005	0.83576	0.21910	0.23687	0.43486	0.00001
	1	71	0.00000	0.00020	0.00007	0.00005	0.26748	0.28480	-0.74477	0.56251	0.00002
	Total	193	0.00000	0.00021	0.00006	0.00005	0.60925	0.17497	-0.32256	0.34820	0.00002
PrinC	0	122	0.00000	0.00010	0.00001	0.00002	3.57321	0.21910	14.95456	0.43486	0.00000
	1	71	0.00000	0.00009	0.00001	0.00001	4.04613	0.28480	20.96832	0.56251	0.00000
	Total	193	0.00000	0.00010	0.00001	0.00001	3.69734	0.17497	16.34430	0.34820	0.00000
NdinC	0	122	0.00000	0.00016	0.00003	0.00003	1.97472	0.21910	4.10485	0.43486	0.00001

5. Resultados

	1	71	0.00000	0.00013	0.00003	0.00003	1.09287	0.28480	2.07109	0.56251	0.00002
	Total	193	0.00000	0.00016	0.00003	0.00003	1.73658	0.17497	3.61093	0.34820	0.00001
HfinC	0	122	0.00000	0.00743	0.00037	0.00097	5.11678	0.21910	29.57245	0.43486	0.00009
	1	71	0.00000	0.00069	0.00012	0.00010	2.79515	0.28480	12.62878	0.56251	0.00009
	Total	193	0.00000	0.00743	0.00028	0.00078	6.46386	0.17497	47.85905	0.34820	0.00009
TlinC	0	122	0.00000	0.00387	0.00005	0.00035	10.95474	0.21910	120.63912	0.43486	0.00001
	1	71	0.00000	0.00006	0.00001	0.00001	2.08091	0.28480	6.01126	0.56251	0.00001
	Total	193	0.00000	0.00387	0.00004	0.00028	13.76541	0.17497	190.60860	0.34820	0.00001
PbinC	0	122	0.00018	0.03154	0.00373	0.00517	3.73975	0.21910	15.78449	0.43486	0.00222
	1	71	0.00038	0.01075	0.00258	0.00189	1.75403	0.28480	4.29110	0.56251	0.00203
	Total	193	0.00018	0.03154	0.00331	0.00430	4.36878	0.17497	23.17819	0.34820	0.00215
ThinC	0	122	0.00000	0.00009	0.00001	0.00002	2.61220	0.21910	7.02436	0.43486	0.00000
	1	71	0.00000	0.00006	0.00001	0.00001	1.93544	0.28480	6.41936	0.56251	0.00000
	Total	193	0.00000	0.00009	0.00001	0.00002	2.77226	0.17497	8.98759	0.34820	0.00000
UinC	0	122	0.00000	0.00022	0.00002	0.00004	3.19562	0.21910	12.75217	0.43486	0.00000
	1	71	0.00000	0.00010	0.00002	0.00002	0.84667	0.28480	0.73367	0.56251	0.00001
	Total	193	0.00000	0.00022	0.00002	0.00003	3.07954	0.17497	13.90875	0.34820	0.00001
MoinC	0	122	0.00000	0.00562	0.00029	0.00092	4.39803	0.21910	20.13745	0.43486	0.00000
	1	71	0.00000	0.00159	0.00006	0.00023	5.42624	0.28480	31.77722	0.56251	0.00000
	Total	193	0.00000	0.00562	0.00021	0.00076	5.40448	0.17497	31.62830	0.34820	0.00000

g) Los datos de las variables se segmentan por estación de muestreo (Estac.) en la fracción PM_{2.5}. 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana.

	Estac.	Int.	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM _{2.5}	2	0	96	4.71546	51.16672	22.61262	8.85146	0.73695	0.24621	0.63930	0.48773	20.88325
		1	79	9.11265	44.13417	23.60276	7.89602	0.57379	0.27054	-0.21092	0.53495	22.32226
		Total	175	4.71546	51.16672	23.05960	8.42433	0.65114	0.18360	0.30325	0.36521	21.52100
	3	0	72	7.00000	47.00000	21.97222	8.82214	0.87835	0.28290	0.70169	0.55883	20.30648
		1	26	11.00000	45.00000	23.88462	8.22351	0.63538	0.45556	0.35630	0.88651	22.54087
		Total	98	7.00000	47.00000	22.47959	8.66707	0.78500	0.24376	0.48546	0.48296	20.87673
PM _{2.5} M	2	0	50	4.71546	51.16672	20.92818	8.92511	1.00197	0.33660	1.74244	0.66191	19.10881
		1	45	10.88493	41.53560	24.15991	7.78150	0.65742	0.35373	-0.14391	0.69454	22.97968
		Total	95	4.71546	51.16672	22.45900	8.51461	0.74369	0.24746	0.73162	0.49017	20.85358
	3	0	72	7.00000	47.00000	21.97222	8.82214	0.87835	0.28290	0.70169	0.55883	20.30648
		1	26	11.00000	45.00000	23.88462	8.22351	0.63538	0.45556	0.35630	0.88651	22.54087
		Total	98	7.00000	47.00000	22.47959	8.66707	0.78500	0.24376	0.48546	0.48296	20.87673
OM+EC	2	0	23	2.90883	12.22568	6.04788	2.47898	0.69601	0.48134	0.03438	0.93476	5.58080
		1	25	3.18602	11.38647	5.53697	2.47970	1.16534	0.46368	-0.08365	0.90172	5.10297
		Total	48	2.90883	12.22568	5.78178	2.46636	0.89519	0.34315	-0.25247	0.67440	5.32660
	3	0	72	0.83205	11.18282	4.28702	2.46991	0.97911	0.28290	0.36946	0.55883	3.63351
		1	26	0.52481	7.44699	3.10035	1.72172	0.58584	0.45556	0.07629	0.88651	2.57959
		Total	98	0.52481	11.18282	3.97219	2.34661	1.04870	0.24376	0.79405	0.48296	3.31784
Al ₂ O ₃	2	0	50	0.08190	3.10998	0.50185	0.43159	4.69982	0.33660	27.77787	0.66191	0.41529
		1	45	0.08533	1.88782	0.52632	0.32076	1.80235	0.35373	6.03021	0.69454	0.44302
		Total	95	0.08190	3.10998	0.51344	0.38132	3.94545	0.24746	23.53289	0.49017	0.42820
	3	0	72	0.01663	2.79995	0.23965	0.33638	6.40709	0.28290	48.42676	0.55883	0.15317
		1	26	0.01663	2.34714	0.65009	0.70056	1.41029	0.45556	1.03933	0.88651	0.33621
		Total	98	0.01663	2.79995	0.34854	0.49243	3.27143	0.24376	11.40260	0.48296	0.18869
Ca	2	0	50	0.18767	7.00314	0.84424	1.00707	4.96687	0.33660	29.31565	0.66191	0.63430
		1	45	0.10248	1.58901	0.51821	0.31481	1.72417	0.35373	3.01923	0.69454	0.44724
		Total	95	0.10248	7.00314	0.68980	0.77578	6.08939	0.24746	47.16983	0.49017	0.53754

5. Resultados

Ca _{sol}	3	0	72	0.01003	1.54368	0.39747	0.35119	1.58677	0.28290	2.24774	0.55883	0.26682
		1	26	0.07910	1.27125	0.42224	0.32398	1.30198	0.45556	1.23219	0.88651	0.31969
		Total	98	0.01003	1.54368	0.40404	0.34271	1.49994	0.24376	1.91219	0.48296	0.27993
	2	0	23	0.18000	2.03285	0.70337	0.40152	1.60091	0.48134	4.43924	0.93476	0.60437
		1	25	0.09000	1.40000	0.43688	0.30891	2.10683	0.46368	3.99044	0.90172	0.36785
		Total	48	0.09000	2.03285	0.56457	0.37722	1.68010	0.34315	3.72352	0.67440	0.46665
K	2	0	50	0.08681	0.81884	0.23149	0.12944	2.44843	0.33660	8.14636	0.66191	0.20705
		1	45	0.08813	0.58441	0.23863	0.12895	1.16216	0.35373	0.61127	0.69454	0.20994
		Total	95	0.08681	0.81884	0.23488	0.12857	1.81251	0.24746	4.24423	0.49017	0.20841
	3	0	72	0.03402	0.71574	0.20231	0.12363	1.39613	0.28290	3.00431	0.55883	0.16914
		1	26	0.05586	0.54756	0.22069	0.14061	0.91319	0.45556	0.02587	0.88651	0.18107
		Total	98	0.03402	0.71574	0.20719	0.12787	1.23281	0.24376	1.83336	0.48296	0.17223
K _{sol}	2	0	23	0.08000	0.52000	0.22150	0.10836	1.42230	0.48134	2.10683	0.93476	0.20014
		1	25	0.08000	0.56726	0.21833	0.14141	1.27864	0.46368	0.74183	0.90172	0.18335
		Total	48	0.08000	0.56726	0.21985	0.12534	1.29979	0.34315	1.07548	0.67440	0.19121
	Na	0	50	0.12609	1.35181	0.45469	0.30024	1.30715	0.33660	1.42990	0.66191	0.37328
		1	45	0.13782	1.14812	0.50611	0.28332	0.61256	0.35373	-0.69249	0.69454	0.42926
		Total	95	0.12609	1.35181	0.47905	0.29194	0.96699	0.24746	0.31302	0.49017	0.39882
Na _{sol}	3	0	72	0.00503	0.57632	0.13427	0.11965	1.91278	0.28290	3.69547	0.55883	0.09607
		1	26	0.01007	1.00294	0.19371	0.21265	2.83033	0.45556	8.63643	0.88651	0.13299
		Total	98	0.00503	1.00294	0.15004	0.15109	2.91729	0.24376	11.31991	0.48296	0.10472
	2	0	23	0.06881	1.15634	0.30838	0.23562	2.31333	0.48134	7.03702	0.93476	0.24843
		1	25	0.08842	0.79015	0.34803	0.19974	0.79135	0.46368	-0.13537	0.90172	0.29458
		Total	48	0.06881	1.15634	0.32903	0.21624	1.59400	0.34315	3.48261	0.67440	0.27148
Mg	2	0	50	0.04239	0.86359	0.15143	0.12281	4.18168	0.33660	23.17826	0.66191	0.12632
		1	45	0.02253	0.34033	0.13082	0.05219	1.34710	0.35373	4.88613	0.69454	0.12057
		Total	95	0.02253	0.86359	0.14167	0.09614	4.77035	0.24746	33.62770	0.49017	0.12356
	3	0	72	0.00033	0.47953	0.09452	0.11963	1.96173	0.28290	2.77122	0.55883	0.04929
		1	26	0.00573	0.48648	0.19090	0.15057	0.49493	0.45556	-1.01804	0.88651	0.12073
		Total	98	0.00033	0.48648	0.12009	0.13472	1.38316	0.24376	0.63324	0.48296	0.06251
Mg _{sol}	2	0	23	0.04000	0.20618	0.10353	0.04517	0.38142	0.48134	-0.61180	0.93476	0.09375
		1	25	0.05000	0.16000	0.09926	0.02978	0.20837	0.46368	-0.52172	0.90172	0.09479
		Total	48	0.04000	0.20618	0.10131	0.03758	0.41675	0.34315	-0.19703	0.67440	0.09429
	Fe	0	50	0.05528	1.10480	0.23893	0.18676	3.22992	0.33660	12.37092	0.66191	0.19885
		1	45	0.06822	0.65873	0.22175	0.12972	1.39564	0.35373	1.99254	0.69454	0.19112
		Total	95	0.05528	1.10480	0.23079	0.16165	2.93107	0.24746	11.94648	0.49017	0.19515
SO ₄ ²⁻	3	0	72	0.01104	0.82821	0.08385	0.09770	6.47219	0.28290	48.70222	0.55883	0.06589
		1	26	0.02772	0.82239	0.21332	0.21942	1.66891	0.45556	2.07897	0.88651	0.13581
		Total	98	0.01104	0.82821	0.11820	0.15065	3.43667	0.24376	12.39487	0.48296	0.07982
	2	0	50	0.94089	9.13965	3.57557	1.79399	1.19731	0.33660	1.38377	0.66191	3.18284
		1	45	1.20158	10.88778	5.29229	1.87881	-0.04811	0.35373	0.92707	0.69454	4.87653
		Total	95	0.94089	10.88778	4.38875	2.01805	0.46855	0.24746	-0.11118	0.49017	3.89571
NO ₃ ⁻	3	0	72	0.62468	9.51641	2.98253	1.41175	1.43541	0.28290	5.21993	0.55883	2.66375
		1	26	0.84526	10.20167	4.90385	1.90494	0.30247	0.45556	1.89941	0.88651	4.43245
		Total	98	0.62468	10.20167	3.49227	1.76664	1.06584	0.24376	2.14324	0.48296	3.04906
	2	0	23	0.32804	6.83939	1.25075	1.33364	3.65407	0.48134	15.10856	0.93476	0.95129
		1	25	0.32881	7.55762	1.71239	1.97749	1.89183	0.46368	2.66712	0.90172	1.07987
		Total	48	0.32804	7.55762	1.49119	1.69814	2.40803	0.34315	5.17235	0.67440	1.01622
Cl ⁻	3	0	72	0.34000	7.16000	1.85819	1.59315	1.56603	0.28290	2.06769	0.55883	1.35342
		1	26	0.32000	4.38000	1.13038	0.79963	2.81066	0.45556	10.75095	0.88651	0.95223
		Total	98	0.32000	7.16000	1.66510	1.45840	1.85100	0.24376	3.29424	0.48296	1.23289
	2	0	23	0.04742	0.96992	0.30841	0.23285	1.32768	0.48134	1.66056	0.93476	0.23307
		1	25	0.04351	0.75235	0.19181	0.17460	2.04352	0.46368	4.10288	0.90172	0.14266
		Total	48	0.04351	0.96992	0.24768	0.21074	1.59491	0.34315	2.32817	0.67440	0.18049

5. Resultados

F ⁻	3	0	72	0.00000	0.78000	0.38194	0.13467	0.30267	0.28290	2.27512	0.55883	0.00000
		1	26	0.27000	0.56000	0.35115	0.06884	1.62773	0.45556	3.14071	0.88651	0.34552
		Total	98	0.00000	0.78000	0.37378	0.12118	0.51187	0.24376	3.02731	0.48296	0.00000
	2	0	23	0.00068	0.08221	0.03270	0.02161	0.40547	0.48134	-0.22085	0.93476	0.01996
		1	25	0.00068	0.05462	0.02022	0.01623	0.18264	0.46368	-0.88630	0.90172	0.00847
		Total	48	0.00068	0.08221	0.02620	0.01982	0.53421	0.34315	0.06552	0.67440	0.01277
NH ₄ ⁺	2	0	23	0.36891	3.36741	1.35047	0.73200	1.15090	0.48134	1.21168	0.93476	1.18164
		1	25	1.36318	4.44925	2.37822	0.64109	1.22198	0.46368	3.59558	0.90172	2.30156
		Total	48	0.36891	4.44925	1.88575	0.85434	0.40151	0.34315	0.29852	0.67440	1.67219
	3	0	72	0.10000	11.60000	1.82569	1.59082	3.51045	0.28290	19.39046	0.55883	1.36810
		1	26	0.47000	6.83000	1.94308	1.27425	2.44156	0.45556	8.20828	0.88651	1.64995
		Total	98	0.10000	11.60000	1.85684	1.50784	3.33345	0.24376	17.98145	0.48296	1.43781
Li	2	0	50	0.00008	0.00120	0.00023	0.00017	3.94448	0.33660	19.91112	0.66191	0.00020
		1	45	0.00008	0.00062	0.00023	0.00012	1.65761	0.35373	2.77522	0.69454	0.00021
		Total	95	0.00008	0.00120	0.00023	0.00015	3.60089	0.24746	19.25666	0.49017	0.00020
	3	0	72	0.00001	0.00452	0.00029	0.00070	5.33218	0.28290	29.17785	0.55883	0.00013
		1	26	0.00001	0.00081	0.00027	0.00023	1.15949	0.45556	0.56581	0.88651	0.00018
		Total	98	0.00001	0.00452	0.00029	0.00061	5.89523	0.24376	37.26310	0.48296	0.00014
P	2	0	50	0.00059	0.06582	0.01536	0.01155	2.24287	0.33660	7.32212	0.66191	0.01185
		1	45	0.00059	0.03677	0.01441	0.00735	0.62277	0.35373	0.67826	0.69454	0.01215
		Total	95	0.00059	0.06582	0.01491	0.00975	2.09003	0.24746	7.98743	0.49017	0.01199
	3	0	72	0.00053	0.02583	0.00912	0.00621	0.68199	0.28290	-0.28119	0.55883	0.00656
		1	26	0.00053	0.03274	0.01171	0.00955	0.81564	0.45556	-0.34431	0.88651	0.00718
		Total	98	0.00053	0.03274	0.00980	0.00728	0.95905	0.24376	0.51928	0.48296	0.00672
Ti	2	0	50	0.00290	0.09495	0.01295	0.01365	4.72987	0.33660	27.18547	0.66191	0.01009
		1	45	0.00298	0.05320	0.01373	0.00907	2.12087	0.35373	7.04961	0.69454	0.01147
		Total	95	0.00290	0.09495	0.01332	0.01165	4.30537	0.24746	26.22971	0.49017	0.01073
	3	0	72	0.00096	0.08082	0.00747	0.00978	6.20864	0.28290	45.55865	0.55883	0.00549
		1	26	0.00311	0.06733	0.01945	0.02004	1.49383	0.45556	1.20584	0.88651	0.01207
		Total	98	0.00096	0.08082	0.01065	0.01421	3.28314	0.24376	11.33691	0.48296	0.00677
V	2	0	50	0.00077	0.05056	0.00942	0.01042	2.12520	0.33660	4.74595	0.66191	0.00574
		1	45	0.00085	0.04403	0.01272	0.01012	1.46985	0.35373	2.08668	0.69454	0.00928
		Total	95	0.00077	0.05056	0.01098	0.01036	1.71837	0.24746	2.90137	0.49017	0.00721
	3	0	72	0.00005	0.02903	0.00528	0.00551	2.02912	0.28290	4.89346	0.55883	0.00313
		1	26	0.00062	0.02375	0.00786	0.00597	1.25221	0.45556	1.26858	0.88651	0.00582
		Total	98	0.00005	0.02903	0.00596	0.00572	1.70731	0.24376	3.12359	0.48296	0.00369
Cr	2	0	50	0.00015	0.01403	0.00140	0.00192	5.98623	0.33660	39.61778	0.66191	0.00099
		1	45	0.00015	0.00280	0.00132	0.00058	0.62903	0.35373	0.20149	0.69454	0.00119
		Total	95	0.00015	0.01403	0.00136	0.00145	7.29263	0.24746	63.67078	0.49017	0.00108
	3	0	72	0.00002	0.01865	0.00138	0.00244	5.50382	0.28290	36.41648	0.55883	0.00060
		1	26	0.00002	0.00249	0.00122	0.00064	-0.09853	0.45556	-0.68450	0.88651	0.00092
		Total	98	0.00002	0.01865	0.00134	0.00211	6.20693	0.24376	47.69117	0.48296	0.00067
Mn	2	0	50	0.00094	0.02828	0.00566	0.00483	3.30648	0.33660	12.92395	0.66191	0.00456
		1	45	0.00138	0.01446	0.00524	0.00317	1.38645	0.35373	1.20960	0.69454	0.00450
		Total	95	0.00094	0.02828	0.00546	0.00411	3.08875	0.24746	13.15535	0.49017	0.00453
	3	0	72	0.00008	0.01418	0.00224	0.00202	3.37290	0.28290	17.28350	0.55883	0.00152
		1	26	0.00066	0.01292	0.00400	0.00347	1.42216	0.45556	1.19421	0.88651	0.00286
		Total	98	0.00008	0.01418	0.00271	0.00259	2.48789	0.24376	7.22314	0.48296	0.00180
Co	2	0	50	0.00003	0.00043	0.00012	0.00007	2.14445	0.33660	6.89014	0.66191	0.00010
		1	45	0.00001	0.00037	0.00013	0.00006	1.34037	0.35373	3.47508	0.69454	0.00011
		Total	95	0.00001	0.00043	0.00012	0.00007	1.77097	0.24746	5.14685	0.49017	0.00010
	3	0	72	0.00000	0.00040	0.00010	0.00008	1.17487	0.28290	2.18890	0.55883	0.00004
		1	26	0.00000	0.00044	0.00013	0.00014	1.35350	0.45556	0.80890	0.88651	0.00003
		Total	98	0.00000	0.00044	0.00011	0.00010	1.60555	0.24376	2.98519	0.48296	0.00003

5. Resultados

Ni	2	0	50	0.00016	0.01837	0.00368	0.00397	1.87552	0.33660	3.58332	0.66191	0.00194
		1	45	0.00016	0.01804	0.00520	0.00417	1.48805	0.35373	2.32857	0.69454	0.00356
		Total	95	0.00016	0.01837	0.00440	0.00412	1.59482	0.24746	2.48797	0.49017	0.00258
	3	0	72	0.00021	0.01498	0.00291	0.00285	2.22599	0.28290	6.15681	0.55883	0.00195
		1	26	0.00054	0.01623	0.00479	0.00435	1.59873	0.45556	2.08014	0.88651	0.00331
		Total	98	0.00021	0.01623	0.00341	0.00340	2.08505	0.24376	4.71525	0.48296	0.00224
Cu	2	0	50	0.00030	0.08372	0.01020	0.01347	3.74503	0.33660	18.23624	0.66191	0.00491
		1	45	0.00030	0.03005	0.00668	0.00665	2.10559	0.35373	4.75343	0.69454	0.00410
		Total	95	0.00030	0.08372	0.00853	0.01088	4.13362	0.24746	24.43186	0.49017	0.00451
	3	0	72	0.00029	0.03236	0.00378	0.00553	3.23373	0.28290	12.64778	0.55883	0.00164
		1	26	0.00029	0.00772	0.00210	0.00174	1.20969	0.45556	2.86362	0.88651	0.00132
		Total	98	0.00029	0.03236	0.00334	0.00487	3.68799	0.24376	17.06068	0.48296	0.00155
Zn	2	0	50	0.00175	1.01975	0.10419	0.14517	5.32994	0.33660	33.38258	0.66191	0.06489
		1	45	0.00175	0.48723	0.08179	0.08619	3.04071	0.35373	11.28677	0.69454	0.05426
		Total	95	0.00175	1.01975	0.09358	0.12079	5.36652	0.24746	37.63760	0.49017	0.05962
	3	0	72	0.00009	0.18580	0.01302	0.02164	7.38232	0.28290	59.20316	0.55883	0.00881
		1	26	0.00018	0.02175	0.01094	0.00526	0.08152	0.45556	-0.31352	0.88651	0.00876
		Total	98	0.00009	0.18580	0.01246	0.01873	8.35638	0.24376	77.43500	0.48296	0.00880
As	2	0	50	0.00020	0.00502	0.00119	0.00107	2.06541	0.33660	4.62568	0.66191	0.00088
		1	45	0.00018	0.00269	0.00091	0.00065	1.57670	0.35373	1.64219	0.69454	0.00075
		Total	95	0.00018	0.00502	0.00106	0.00090	2.22587	0.24746	6.03014	0.49017	0.00081
	3	0	72	0.00002	0.00085	0.00032	0.00017	0.82143	0.28290	0.64622	0.55883	0.00027
		1	26	0.00014	0.00079	0.00037	0.00015	0.79607	0.45556	1.03734	0.88651	0.00035
		Total	98	0.00002	0.00085	0.00033	0.00017	0.73001	0.24376	0.54810	0.48296	0.00029
Se	2	0	50	0.00008	0.00128	0.00052	0.00029	0.65625	0.33660	-0.24386	0.66191	0.00044
		1	45	0.00009	0.00099	0.00050	0.00023	0.40933	0.35373	-0.82268	0.69454	0.00044
		Total	95	0.00008	0.00128	0.00051	0.00026	0.60776	0.24746	-0.26658	0.49017	0.00044
	3	0	72	0.00000	0.00163	0.00032	0.00033	1.66762	0.28290	3.55270	0.55883	0.00010
		1	26	0.00000	0.00095	0.00038	0.00032	0.17426	0.45556	-1.52464	0.88651	0.00010
		Total	98	0.00000	0.00163	0.00033	0.00033	1.27013	0.24376	2.01231	0.48296	0.00010
Rb	2	0	50	0.00014	0.00235	0.00046	0.00032	4.41871	0.33660	24.37712	0.66191	0.00041
		1	45	0.00013	0.00112	0.00046	0.00021	0.86828	0.35373	0.89478	0.69454	0.00041
		Total	95	0.00013	0.00235	0.00046	0.00027	3.85688	0.24746	23.47853	0.49017	0.00041
	3	0	72	0.00010	0.00184	0.00034	0.00028	3.88297	0.28290	18.10707	0.55883	0.00028
		1	26	0.00015	0.00160	0.00052	0.00041	1.55477	0.45556	1.78001	0.88651	0.00041
		Total	98	0.00010	0.00184	0.00039	0.00033	2.77759	0.24376	8.39896	0.48296	0.00031
Sr	2	0	50	0.00086	0.02182	0.00290	0.00308	5.00798	0.33660	29.71747	0.66191	0.00232
		1	45	0.00096	0.00595	0.00233	0.00106	1.52866	0.35373	2.59003	0.69454	0.00213
		Total	95	0.00086	0.02182	0.00263	0.00236	6.05523	0.24746	47.00095	0.49017	0.00223
	3	0	72	0.00006	0.00849	0.00139	0.00133	2.93499	0.28290	12.27921	0.55883	0.00093
		1	26	0.00014	0.00565	0.00207	0.00155	0.73906	0.45556	-0.51496	0.88651	0.00146
		Total	98	0.00006	0.00849	0.00157	0.00141	2.09319	0.24376	6.09174	0.48296	0.00105
Y	2	0	50	0.00002	0.00070	0.00025	0.00016	0.67046	0.33660	-0.45514	0.66191	0.00019
		1	45	0.00002	0.00055	0.00023	0.00016	0.79827	0.35373	-0.96940	0.69454	0.00017
		Total	95	0.00002	0.00070	0.00024	0.00016	0.71544	0.24746	-0.72839	0.49017	0.00018
	3	0	72	0.00001	0.00040	0.00008	0.00010	1.78363	0.28290	2.33842	0.55883	0.00003
		1	26	0.00001	0.00034	0.00009	0.00010	1.39301	0.45556	1.27428	0.88651	0.00004
		Total	98	0.00001	0.00040	0.00008	0.00010	1.65490	0.24376	1.89238	0.48296	0.00004
Zr	2	0	50	0.00017	0.01268	0.00652	0.00332	0.44273	0.33660	-0.77874	0.66191	0.00546
		1	45	0.00022	0.01330	0.00863	0.00306	-0.51852	0.35373	-0.18076	0.69454	0.00767
		Total	95	0.00017	0.01330	0.00752	0.00336	-0.02824	0.24746	-0.99223	0.49017	0.00641
	3	0	72	0.00005	0.01908	0.00724	0.00386	-0.35667	0.28290	0.37787	0.55883	0.00426
		1	26	0.00005	0.01320	0.00748	0.00366	-0.72645	0.45556	-0.29182	0.88651	0.00530
		Total	98	0.00005	0.01908	0.00730	0.00379	-0.43703	0.24376	0.18061	0.48296	0.00452

5. Resultados

Cd	2	0	50	0.00008	0.00281	0.00040	0.00047	3.44528	0.33660	14.41480	0.66191	0.00028
		1	45	0.00006	0.00299	0.00043	0.00051	3.24320	0.35373	13.65970	0.69454	0.00028
		Total	95	0.00006	0.00299	0.00042	0.00049	3.29430	0.24746	13.31036	0.49017	0.00028
	3	0	72	0.00000	0.00104	0.00015	0.00019	2.98701	0.28290	10.05010	0.55883	0.00006
		1	26	0.00000	0.00073	0.00016	0.00014	2.69538	0.45556	10.14204	0.88651	0.00008
		Total	98	0.00000	0.00104	0.00015	0.00018	2.98147	0.24376	10.40282	0.48296	0.00007
Sn	2	0	50	0.00031	0.00433	0.00172	0.00097	0.78523	0.33660	-0.00295	0.66191	0.00146
		1	45	0.00044	0.00511	0.00155	0.00104	1.60220	0.35373	2.36280	0.69454	0.00130
		Total	95	0.00031	0.00511	0.00164	0.00100	1.16456	0.24746	0.95801	0.49017	0.00138
	3	0	72	0.00002	0.00623	0.00154	0.00189	1.18892	0.28290	0.05209	0.55883	0.00046
		1	26	0.00002	0.00481	0.00104	0.00140	2.02926	0.45556	2.74986	0.88651	0.00048
		Total	98	0.00002	0.00623	0.00140	0.00178	1.35841	0.24376	0.49254	0.48296	0.00047
Sb	2	0	50	0.00027	0.04145	0.00265	0.00589	6.09104	0.33660	40.36634	0.66191	0.00130
		1	45	0.00029	0.01142	0.00170	0.00216	3.12325	0.35373	11.06400	0.69454	0.00107
		Total	95	0.00027	0.04145	0.00220	0.00452	7.24755	0.24746	61.45302	0.49017	0.00119
	3	0	72	0.00005	0.00256	0.00058	0.00053	2.25058	0.28290	5.69627	0.55883	0.00042
		1	26	0.00012	0.00175	0.00047	0.00034	2.39356	0.45556	7.83407	0.88651	0.00039
		Total	98	0.00005	0.00256	0.00055	0.00049	2.39858	0.24376	6.77948	0.48296	0.00041
Cs	2	0	50	0.00003	0.00019	0.00004	0.00002	5.12579	0.33660	29.96197	0.66191	0.00004
		1	45	0.00003	0.00007	0.00004	0.00001	1.48261	0.35373	1.89511	0.69454	0.00004
		Total	95	0.00003	0.00019	0.00004	0.00002	5.54534	0.24746	40.02645	0.49017	0.00004
	3	0	72	0.00000	0.00022	0.00001	0.00003	4.95518	0.28290	29.31272	0.55883	0.00000
		1	26	0.00000	0.00010	0.00002	0.00003	1.93499	0.45556	2.06879	0.88651	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00022	0.00001	0.00003	3.94221	0.24376	19.23254	0.48296	0.00000
Ba	2	0	50	0.00054	0.02605	0.00910	0.00572	1.18600	0.33660	1.48914	0.66191	0.00722
		1	45	0.00116	0.02707	0.00949	0.00592	1.27689	0.35373	1.01563	0.69454	0.00796
		Total	95	0.00054	0.02707	0.00929	0.00579	1.21309	0.24746	1.13543	0.49017	0.00756
	3	0	72	0.00001	0.01332	0.00219	0.00289	1.59299	0.28290	2.39215	0.55883	0.00032
		1	26	0.00001	0.05621	0.00678	0.01082	4.06581	0.45556	18.79321	0.88651	0.00191
		Total	98	0.00001	0.05621	0.00341	0.00636	6.13278	0.24376	49.25180	0.48296	0.00051
La	2	0	50	0.00000	0.00054	0.00009	0.00011	1.87519	0.33660	5.15681	0.66191	0.00003
		1	45	0.00000	0.00040	0.00013	0.00011	0.67881	0.35373	-0.33233	0.69454	0.00005
		Total	95	0.00000	0.00054	0.00011	0.00011	1.23391	0.24746	1.82097	0.49017	0.00004
	3	0	72	0.00001	0.00071	0.00008	0.00010	4.23036	0.28290	24.07645	0.55883	0.00004
		1	26	0.00001	0.00061	0.00018	0.00018	1.34808	0.45556	0.92851	0.88651	0.00008
		Total	98	0.00001	0.00071	0.00010	0.00013	2.71864	0.24376	8.10152	0.48296	0.00005
Ce	2	0	50	0.00000	0.00121	0.00019	0.00024	1.94144	0.33660	5.51804	0.66191	0.00004
		1	45	0.00000	0.00095	0.00026	0.00025	1.00229	0.35373	0.44091	0.69454	0.00008
		Total	95	0.00000	0.00121	0.00022	0.00025	1.42110	0.24746	2.40573	0.49017	0.00006
	3	0	72	0.00000	0.00124	0.00013	0.00017	4.36207	0.28290	26.88929	0.55883	0.00004
		1	26	0.00000	0.00140	0.00034	0.00040	1.64553	0.45556	2.02660	0.88651	0.00009
		Total	98	0.00000	0.00140	0.00019	0.00027	3.05593	0.24376	10.27822	0.48296	0.00005
Pr	2	0	50	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	1.85643	0.33660	4.52234	0.66191	0.00001
		1	45	0.00000	0.00009	0.00003	0.00002	0.89701	0.35373	0.11274	0.69454	0.00001
		Total	95	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	1.34195	0.24746	1.89549	0.49017	0.00001
	3	0	72	0.00000	0.00012	0.00002	0.00003	1.49528	0.28290	1.03634	0.55883	0.00000
		1	26	0.00000	0.00014	0.00005	0.00005	0.34808	0.45556	-1.57761	0.88651	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00014	0.00003	0.00004	1.15184	0.24376	-0.08438	0.48296	0.00001
Nd	2	0	50	0.00001	0.00051	0.00009	0.00010	2.01671	0.33660	5.29304	0.66191	0.00004
		1	45	0.00001	0.00039	0.00011	0.00010	0.90096	0.35373	0.17060	0.69454	0.00006
		Total	95	0.00001	0.00051	0.00010	0.00010	1.45358	0.24746	2.48060	0.49017	0.00005
	3	0	72	0.00000	0.00059	0.00007	0.00009	3.29472	0.28290	16.03768	0.55883	0.00003
		1	26	0.00000	0.00053	0.00015	0.00017	1.38690	0.45556	0.79969	0.88651	0.00005
		Total	98	0.00000	0.00059	0.00009	0.00012	2.49232	0.24376	6.68452	0.48296	0.00003

5. Resultados

Hf	2	0	50	0.00000	0.00064	0.00031	0.00018	0.43378	0.33660	-0.62454	0.66191	0.00022
		1	45	0.00000	0.00068	0.00043	0.00016	-0.41337	0.35373	-0.39386	0.69454	0.00036
		Total	95	0.00000	0.00068	0.00036	0.00018	-0.00126	0.24746	-0.93380	0.49017	0.00028
	3	0	72	0.00000	0.00168	0.00061	0.00060	0.74069	0.28290	-1.19286	0.55883	0.00026
		1	26	0.00000	0.00167	0.00045	0.00045	1.91448	0.45556	2.91807	0.88651	0.00026
		Total	98	0.00000	0.00168	0.00057	0.00057	0.95631	0.24376	-0.73139	0.48296	0.00026
Ti	2	0	50	0.00003	0.00022	0.00006	0.00003	2.30798	0.33660	8.62122	0.66191	0.00005
		1	45	0.00003	0.00013	0.00005	0.00003	1.16137	0.35373	0.44345	0.69454	0.00005
		Total	95	0.00003	0.00022	0.00006	0.00003	1.88031	0.24746	5.85679	0.49017	0.00005
	3	0	72	0.00000	0.00405	0.00010	0.00047	8.39366	0.28290	70.94129	0.55883	0.00002
		1	26	0.00000	0.00019	0.00005	0.00005	1.03330	0.45556	1.28147	0.88651	0.00002
		Total	98	0.00000	0.00405	0.00008	0.00041	9.73956	0.24376	95.85434	0.48296	0.00002
Pb	2	0	50	0.00266	0.07990	0.01545	0.01643	2.67161	0.33660	8.00291	0.66191	0.01076
		1	45	0.00277	0.04200	0.01165	0.00883	1.37620	0.35373	1.92877	0.69454	0.00897
		Total	95	0.00266	0.07990	0.01365	0.01345	2.89582	0.24746	10.98212	0.49017	0.00987
	3	0	72	0.00016	0.03301	0.00548	0.00507	3.16081	0.28290	13.89150	0.55883	0.00397
		1	26	0.00220	0.01930	0.00639	0.00394	1.69203	0.45556	3.41431	0.88651	0.00550
		Total	98	0.00016	0.03301	0.00572	0.00480	2.89313	0.24376	12.41157	0.48296	0.00433
Th	2	0	50	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	3.42197	0.33660	15.58809	0.66191	0.00001
		1	45	0.00000	0.00012	0.00004	0.00003	1.06793	0.35373	0.62965	0.69454	0.00002
		Total	95	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	2.60589	0.24746	10.91468	0.49017	0.00001
	3	0	72	0.00000	0.00019	0.00003	0.00004	1.60155	0.28290	2.30723	0.55883	0.00001
		1	26	0.00000	0.00017	0.00005	0.00005	0.83774	0.45556	-0.35375	0.88651	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00019	0.00004	0.00005	1.35335	0.24376	1.14455	0.48296	0.00001
U	2	0	50	0.00002	0.00022	0.00011	0.00005	-0.13497	0.33660	-0.42555	0.66191	0.00010
		1	45	0.00002	0.00023	0.00012	0.00005	-0.20641	0.35373	-0.19740	0.69454	0.00010
		Total	95	0.00002	0.00023	0.00012	0.00005	-0.16434	0.24746	-0.35672	0.49017	0.00010
	3	0	72	0.00000	0.00034	0.00003	0.00007	2.93448	0.28290	9.70218	0.55883	0.00000
		1	26	0.00000	0.00015	0.00003	0.00004	1.89533	0.45556	4.11158	0.88651	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00034	0.00003	0.00006	3.09329	0.24376	11.51418	0.48296	0.00000
Mo	2	0	50	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	7.07107	0.33660	50.00000	0.66191	0.00000
		Total	95	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000	9.74679	0.24746	95.00000	0.49017	0.00000
	3	0	72	0.00000	0.01420	0.00101	0.00258	4.07966	0.28290	17.48995	0.55883	0.00004
		1	26	0.00000	0.00265	0.00051	0.00083	1.49295	0.45556	0.95888	0.88651	0.00003
		Total	98	0.00000	0.01420	0.00088	0.00226	4.58993	0.24376	23.14965	0.48296	0.00004

h) Los cocientes de las variables respecto de la componente crustal se segmentan por estación de muestreo (Estac.) en la fracción PM_{2.5}. 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana

	Estac.	Int.	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM _{2.5} inC	2	0	50	0.85321	10.50881	5.13142	2.42810	0.68920	0.33660	-0.01423	0.66191	4.52966
		1	45	2.25488	16.44190	6.57952	3.07105	1.34643	0.35373	2.15723	0.69454	5.97497
		Total	95	0.85321	16.44190	5.81736	2.83131	1.17875	0.24746	2.04575	0.49017	5.16459
	3	0	72	2.35630	49.36636	13.28666	10.24551	1.58031	0.28290	2.24687	0.55883	10.28944
		1	26	2.28671	21.74848	8.19395	5.43501	0.92286	0.45556	0.10149	0.88651	6.57105
		Total	98	2.28671	49.36636	11.93553	9.46334	1.75681	0.24376	3.27490	0.48296	9.13527
PM _{2.5} MinC	2	0	50	0.85321	10.50881	5.13142	2.42810	0.68920	0.33660	-0.01423	0.66191	4.52966
		1	45	2.25488	16.44190	6.57952	3.07105	1.34643	0.35373	2.15723	0.69454	5.97497
		Total	95	0.85321	16.44190	5.81736	2.83131	1.17875	0.24746	2.04575	0.49017	5.16459
	3	0	72	2.35630	49.36636	13.28666	10.24551	1.58031	0.28290	2.24687	0.55883	10.28944
		1	26	2.28671	21.74848	8.19395	5.43501	0.92286	0.45556	0.10149	0.88651	6.57105
		Total	98	2.28671	49.36636	11.93553	9.46334	1.75681	0.24376	3.27490	0.48296	9.13527

5. Resultados

OM+ECinC	2	0	23	0.44389	3.36753	1.73938	0.87897	0.41628	0.48134	-0.74465	0.93476	1.50659
		1	25	0.86111	3.60611	1.73833	0.70051	1.45139	0.46368	2.00325	0.90172	1.62610
		Total	48	0.44389	3.60611	1.73884	0.78244	0.77422	0.34315	0.11827	0.67440	1.56769
	3	0	72	0.27614	12.66738	2.74006	2.62965	1.72427	0.28290	2.68643	0.55883	1.84113
		1	26	0.05478	4.18561	1.25512	1.14465	1.31916	0.45556	1.43972	0.88651	0.75200
		Total	98	0.05478	12.66738	2.34610	2.41526	1.98218	0.24376	4.07722	0.48296	1.45183
Al ₂ O ₃ inC	2	0	50	0.06507	0.16351	0.10074	0.02263	0.87957	0.33660	0.28459	0.66191	0.09844
		1	45	0.07067	0.16069	0.11782	0.02462	-0.05481	0.35373	-0.85826	0.69454	0.11519
		Total	95	0.06507	0.16351	0.10883	0.02498	0.39143	0.24746	-0.78917	0.49017	0.10605
	3	0	72	0.01170	0.16504	0.08742	0.03669	0.05888	0.28290	-0.34492	0.55883	0.07761
		1	26	0.00927	0.17823	0.11474	0.05119	-0.35443	0.45556	-1.03229	0.88651	0.09801
		Total	98	0.00927	0.17823	0.09467	0.04252	0.15780	0.24376	-0.58609	0.48296	0.08257
CainC	2	0	50	0.07935	0.20800	0.15393	0.03163	-0.52928	0.33660	-0.55044	0.66191	0.15036
		1	45	0.05966	0.20342	0.12038	0.03088	0.13795	0.35373	0.10035	0.69454	0.11629
		Total	95	0.05966	0.20800	0.13804	0.03537	-0.13476	0.24746	-0.71907	0.49017	0.13313
	3	0	72	0.03698	0.32256	0.14949	0.06400	0.45941	0.28290	-0.22508	0.55883	0.13520
		1	26	0.03665	0.27632	0.10951	0.06541	1.23547	0.45556	1.40606	0.88651	0.09320
		Total	98	0.03665	0.32256	0.13888	0.06645	0.55766	0.24376	-0.22926	0.48296	0.12249
Ca _{soil} inC	2	0	23	0.13392	0.19254	0.16391	0.01596	-0.03829	0.48134	-0.74170	0.93476	0.16315
		1	25	0.05831	0.20197	0.12134	0.03108	0.13013	0.46368	1.01355	0.90172	0.11722
		Total	48	0.05831	0.20197	0.14173	0.03278	-0.58257	0.34315	0.08936	0.67440	0.13734
KinC	2	0	50	0.02120	0.11760	0.05321	0.02242	1.07415	0.33660	0.88724	0.66191	0.04908
		1	45	0.02316	0.13607	0.05838	0.02291	1.24402	0.35373	1.76895	0.69454	0.05459
		Total	95	0.02120	0.13607	0.05566	0.02268	1.12322	0.24746	1.21179	0.49017	0.05162
	3	0	72	0.02509	0.40772	0.11646	0.10031	1.59293	0.28290	1.75012	0.55883	0.08571
		1	26	0.02495	0.16589	0.06164	0.03884	1.54929	0.45556	1.84329	0.88651	0.05278
		Total	98	0.02495	0.40772	0.10191	0.09136	1.90785	0.24376	3.19441	0.48296	0.07536
K _{soil} inC	2	0	23	0.02406	0.11517	0.05885	0.02544	0.88960	0.48134	0.11167	0.93476	0.05403
		1	25	0.03248	0.13243	0.06220	0.02387	1.28333	0.46368	1.81023	0.90172	0.05843
		Total	48	0.02406	0.13243	0.06059	0.02443	1.02173	0.34315	0.70905	0.67440	0.05628
NainC	2	0	50	0.02198	0.38002	0.11558	0.08465	1.20491	0.33660	1.21068	0.66191	0.08848
		1	45	0.01988	0.55454	0.15470	0.12817	1.41776	0.35373	1.66790	0.69454	0.11161
		Total	95	0.01988	0.55454	0.13411	0.10868	1.56711	0.24746	2.65438	0.49017	0.09877
	3	0	72	0.00591	0.46115	0.07779	0.08509	2.20108	0.28290	5.85540	0.55883	0.04868
		1	26	0.01284	0.17124	0.05332	0.04600	1.29508	0.45556	0.61397	0.88651	0.03877
		Total	98	0.00591	0.46115	0.07130	0.07722	2.36646	0.24376	7.25191	0.48296	0.04583
Na _{soil} inC	2	0	23	0.01643	0.30092	0.08970	0.07411	1.59533	0.48134	2.30263	0.93476	0.06707
		1	25	0.01276	0.45345	0.14014	0.12068	1.12282	0.46368	0.52175	0.90172	0.09387
		Total	48	0.01276	0.45345	0.11597	0.10323	1.46072	0.34315	1.71557	0.67440	0.07990
MginC	2	0	50	0.01772	0.05956	0.03097	0.00864	1.32019	0.33660	1.75683	0.66191	0.02994
		1	45	0.01034	0.07109	0.03364	0.01354	1.27492	0.35373	1.32159	0.69454	0.03135
		Total	95	0.01034	0.07109	0.03223	0.01125	1.47597	0.24746	2.37575	0.49017	0.03060
	3	0	72	0.00108	0.16698	0.03522	0.03555	2.46191	0.28290	5.80656	0.55883	0.02498
		1	26	0.00911	0.18789	0.04670	0.04167	2.01299	0.45556	4.26764	0.88651	0.03519
		Total	98	0.00108	0.18789	0.03826	0.03740	2.27145	0.24376	4.92167	0.48296	0.02735
Mg _{soil} inC	2	0	23	0.01263	0.05058	0.02663	0.00909	1.13617	0.48134	1.12474	0.93476	0.02531
		1	25	0.01642	0.06214	0.03321	0.01512	0.73924	0.46368	-0.82240	0.90172	0.03020
		Total	48	0.01263	0.06214	0.03005	0.01290	1.10245	0.34315	0.28274	0.67440	0.02775
FeinC	2	0	50	0.02312	0.09886	0.05062	0.01931	0.58066	0.33660	-0.56301	0.66191	0.04714
		1	45	0.02547	0.08835	0.05163	0.01427	0.41186	0.35373	-0.20069	0.69454	0.04969
		Total	95	0.02312	0.09886	0.05110	0.01703	0.51728	0.24746	-0.34392	0.49017	0.04833
	3	0	72	0.01223	0.19021	0.03687	0.02244	4.73288	0.28290	30.65972	0.55883	0.03338
		1	26	0.01338	0.07195	0.04218	0.01430	0.08017	0.45556	-0.59445	0.88651	0.03959
		Total	98	0.01223	0.19021	0.03828	0.02066	4.30438	0.24376	29.49836	0.48296	0.03493

5. Resultados

SO ₄ ²⁻ inC	2	0	50	0.08324	3.22182	0.95428	0.65307	1.45995	0.33660	2.35331	0.66191	0.75448
		1	45	0.23808	4.46164	1.51780	0.90358	1.11603	0.35373	1.35600	0.69454	1.26795
		Total	95	0.08324	4.46164	1.22121	0.82735	1.32780	0.24746	1.98095	0.49017	0.96481
	3	0	72	0.20131	5.22049	1.72165	1.15002	0.98460	0.28290	0.46102	0.55883	1.34974
		1	26	0.38618	3.47785	1.53677	0.85257	0.57273	0.45556	-0.14440	0.88651	1.29214
		Total	98	0.20131	5.22049	1.67260	1.07801	0.99057	0.24376	0.66421	0.48296	1.33421
NO ₃ ⁻ inC	2	0	23	0.07513	1.71236	0.33916	0.33793	3.30218	0.48134	12.99140	0.93476	0.25681
		1	25	0.10320	2.78023	0.50863	0.56622	2.94398	0.46368	10.72248	0.90172	0.34411
		Total	48	0.07513	2.78023	0.42742	0.47380	3.24935	0.34315	13.15394	0.67440	0.29909
	3	0	72	0.09111	7.14775	1.18625	1.34412	2.15019	0.28290	5.50364	0.55883	0.68579
		1	26	0.05900	1.44625	0.44044	0.42141	1.16124	0.45556	0.11262	0.88651	0.27759
		Total	98	0.05900	7.14775	0.98838	1.21561	2.50491	0.24376	7.76601	0.48296	0.53949
Cl ⁻ inC	2	0	23	0.01475	0.24961	0.08936	0.07546	1.01533	0.48134	-0.36783	0.93476	0.06292
		1	25	0.01235	0.44878	0.07544	0.10030	2.73693	0.46368	7.96252	0.90172	0.04546
		Total	48	0.01235	0.44878	0.08211	0.08861	2.15831	0.34315	5.39489	0.67440	0.05312
	3	0	72	0.00000	1.27901	0.25858	0.24942	2.28269	0.28290	6.24927	0.55883	0.00000
		1	26	0.02086	0.50857	0.14306	0.12317	1.44977	0.45556	1.84621	0.88651	0.10073
		Total	98	0.00000	1.27901	0.22793	0.22820	2.48259	0.24376	7.87970	0.48296	0.00000
F ⁻ inC	2	0	23	0.00015	0.03887	0.01009	0.00923	1.56191	0.48134	3.10345	0.93476	0.00539
		1	25	0.00009	0.01330	0.00589	0.00452	-0.01178	0.46368	-1.30636	0.90172	0.00270
		Total	48	0.00009	0.03887	0.00790	0.00741	1.86127	0.34315	5.61972	0.67440	0.00376
NH ₄ ⁺ inC	2	0	23	0.07145	1.32118	0.40985	0.31839	1.57608	0.48134	2.03923	0.93476	0.31900
		1	25	0.20361	2.15822	0.82362	0.42064	1.51181	0.46368	3.31735	0.90172	0.73341
		Total	48	0.07145	2.15822	0.62535	0.42596	1.30845	0.34315	2.44135	0.67440	0.49215
	3	0	72	0.02910	4.09450	1.09033	0.95848	1.25694	0.28290	1.23152	0.55883	0.69323
		1	26	0.07097	1.95736	0.66132	0.51516	1.17810	0.45556	0.99287	0.88651	0.48099
		Total	98	0.02910	4.09450	0.97651	0.88152	1.46575	0.24376	2.09372	0.48296	0.62916
Li ⁺ inC	2	0	50	0.00003	0.00010	0.00005	0.00001	1.66101	0.33660	3.91292	0.66191	0.00005
		1	45	0.00003	0.00009	0.00006	0.00002	0.87304	0.35373	0.00300	0.69454	0.00005
		Total	95	0.00003	0.00010	0.00005	0.00002	1.20037	0.24746	1.16859	0.49017	0.00005
	3	0	72	0.00000	0.00295	0.00014	0.00038	6.38350	0.28290	44.47308	0.55883	0.00006
		1	26	0.00001	0.00020	0.00006	0.00004	2.29903	0.45556	8.37987	0.88651	0.00005
		Total	98	0.00000	0.00295	0.00012	0.00033	7.43313	0.24376	60.58430	0.48296	0.00006
P ⁺ inC	2	0	50	0.00021	0.01218	0.00358	0.00261	1.73483	0.33660	3.46573	0.66191	0.00281
		1	45	0.00027	0.00911	0.00375	0.00192	0.39338	0.35373	0.02702	0.69454	0.00316
		Total	95	0.00021	0.01218	0.00366	0.00230	1.37264	0.24746	2.88085	0.49017	0.00297
	3	0	72	0.00027	0.02759	0.00496	0.00450	2.42802	0.28290	8.88862	0.55883	0.00333
		1	26	0.00037	0.00708	0.00271	0.00186	1.02469	0.45556	0.68093	0.88651	0.00209
		Total	98	0.00027	0.02759	0.00436	0.00409	2.69182	0.24376	11.15420	0.48296	0.00294
Ti ⁺ inC	2	0	50	0.00104	0.00386	0.00247	0.00058	-0.05769	0.33660	0.05705	0.66191	0.00239
		1	45	0.00127	0.00515	0.00310	0.00083	0.09631	0.35373	0.27983	0.69454	0.00298
		Total	95	0.00104	0.00515	0.00277	0.00078	0.40898	0.24746	0.48189	0.49017	0.00266
	3	0	72	0.00081	0.01552	0.00316	0.00206	3.64487	0.28290	18.62282	0.55883	0.00278
		1	26	0.00145	0.00675	0.00383	0.00150	0.00489	0.45556	-1.25954	0.88651	0.00352
		Total	98	0.00081	0.01552	0.00334	0.00194	3.05092	0.24376	15.66239	0.48296	0.00296
V ⁺ inC	2	0	50	0.00010	0.01231	0.00242	0.00278	2.23100	0.33660	5.06014	0.66191	0.00136
		1	45	0.00027	0.02220	0.00389	0.00468	2.62568	0.35373	7.04447	0.69454	0.00241
		Total	95	0.00010	0.02220	0.00312	0.00385	2.85905	0.24746	9.47003	0.49017	0.00178
	3	0	72	0.00005	0.01239	0.00255	0.00250	1.95260	0.28290	4.17781	0.55883	0.00159
		1	26	0.00080	0.00475	0.00189	0.00095	1.43936	0.45556	2.33566	0.88651	0.00170
		Total	98	0.00005	0.01239	0.00238	0.00221	2.26745	0.24376	6.17987	0.48296	0.00161
Cr ⁺ inC	2	0	50	0.00002	0.00285	0.00034	0.00041	4.91934	0.33660	29.58140	0.66191	0.00023
		1	45	0.00003	0.00094	0.00035	0.00018	1.31647	0.35373	1.95559	0.69454	0.00031
		Total	95	0.00002	0.00285	0.00035	0.00032	5.33246	0.24746	39.88668	0.49017	0.00027

5. Resultados

MninC	3	0	72	0.00000	0.00747	0.00077	0.00138	3.57933	0.28290	13.14195	0.55883	0.00031
		1	26	0.00002	0.00164	0.00038	0.00037	2.48081	0.45556	6.46145	0.88651	0.00027
		Total	98	0.00000	0.00747	0.00066	0.00121	4.12445	0.24376	18.18170	0.48296	0.00030
	2	0	50	0.00034	0.00230	0.00119	0.00050	0.27553	0.33660	-0.89676	0.66191	0.00108
		1	45	0.00042	0.00284	0.00128	0.00054	0.78567	0.35373	0.50591	0.69454	0.00117
		Total	95	0.00034	0.00284	0.00123	0.00052	0.55475	0.24746	-0.05120	0.49017	0.00112
CoinC	3	0	72	0.00002	0.00628	0.00103	0.00089	3.46901	0.28290	17.26157	0.55883	0.00077
		1	26	0.00028	0.00135	0.00087	0.00025	-0.11158	0.45556	0.02597	0.88651	0.00084
		Total	98	0.00002	0.00628	0.00099	0.00077	3.95951	0.24376	23.15703	0.48296	0.00079
	2	0	50	0.00001	0.00006	0.00003	0.00001	1.04099	0.33660	1.08576	0.66191	0.00002
		1	45	0.00001	0.00011	0.00003	0.00002	1.76167	0.35373	3.19518	0.69454	0.00003
		Total	95	0.00001	0.00011	0.00003	0.00002	2.12269	0.24746	5.92565	0.49017	0.00003
NiinC	3	0	72	0.00000	0.00038	0.00006	0.00007	3.14040	0.28290	10.97998	0.55883	0.00002
		1	26	0.00000	0.00041	0.00004	0.00008	4.52946	0.45556	22.05225	0.88651	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00041	0.00005	0.00007	3.41601	0.24376	12.62233	0.48296	0.00001
	2	0	50	0.00002	0.00447	0.00094	0.00104	1.89609	0.33660	3.66148	0.66191	0.00046
		1	45	0.00003	0.00949	0.00165	0.00198	2.51833	0.35373	6.74561	0.69454	0.00093
		Total	95	0.00002	0.00949	0.00128	0.00159	2.87687	0.24746	10.23333	0.49017	0.00064
CuinC	3	0	72	0.00012	0.00746	0.00144	0.00131	2.00830	0.28290	5.53734	0.55883	0.00099
		1	26	0.00030	0.00245	0.00108	0.00050	0.80899	0.45556	0.90002	0.88651	0.00096
		Total	98	0.00012	0.00746	0.00135	0.00116	2.31687	0.24376	7.78724	0.48296	0.00098
	2	0	50	0.00005	0.02998	0.00251	0.00428	5.58849	0.33660	35.86461	0.66191	0.00116
		1	45	0.00006	0.00449	0.00164	0.00117	0.39867	0.35373	-0.67284	0.69454	0.00107
		Total	95	0.00005	0.02998	0.00210	0.00322	7.04542	0.24746	60.46032	0.49017	0.00112
ZninC	3	0	72	0.00002	0.02601	0.00209	0.00371	4.67858	0.28290	26.53771	0.55883	0.00083
		1	26	0.00008	0.00182	0.00053	0.00045	1.49506	0.45556	1.82606	0.88651	0.00038
		Total	98	0.00002	0.02601	0.00167	0.00325	5.38100	0.24376	35.43992	0.48296	0.00068
	2	0	50	0.00055	0.08306	0.02207	0.01827	1.81876	0.33660	3.74799	0.66191	0.01538
		1	45	0.00035	0.08265	0.01896	0.01517	2.41996	0.35373	7.11353	0.69454	0.01411
		Total	95	0.00035	0.08306	0.02059	0.01685	2.04064	0.24746	4.71715	0.49017	0.01477
AsinC	3	0	72	0.00010	0.09413	0.00746	0.01155	6.18902	0.28290	45.63913	0.55883	0.00446
		1	26	0.00017	0.01440	0.00342	0.00279	2.55346	0.45556	9.29879	0.88651	0.00255
		Total	98	0.00010	0.09413	0.00639	0.01014	6.93750	0.24376	58.61288	0.48296	0.00385
	2	0	50	0.00003	0.00072	0.00026	0.00017	0.98373	0.33660	0.50836	0.66191	0.00021
		1	45	0.00008	0.00119	0.00024	0.00020	3.02217	0.35373	12.24119	0.69454	0.00019
		Total	95	0.00003	0.00119	0.00025	0.00018	2.13509	0.24746	7.23872	0.49017	0.00020
SeinC	3	0	72	0.00002	0.00097	0.00019	0.00017	2.40403	0.28290	7.34868	0.55883	0.00014
		1	26	0.00003	0.00028	0.00012	0.00007	0.64537	0.45556	-0.16322	0.88651	0.00010
		Total	98	0.00002	0.00097	0.00017	0.00016	2.70496	0.24376	9.82313	0.48296	0.00013
	2	0	50	0.00001	0.00095	0.00014	0.00014	3.94782	0.33660	20.57516	0.66191	0.00010
		1	45	0.00004	0.00086	0.00014	0.00013	3.95472	0.35373	19.26848	0.69454	0.00011
		Total	95	0.00001	0.00095	0.00014	0.00014	3.89693	0.24746	19.07797	0.49017	0.00011
RbinC	3	0	72	0.00000	0.00148	0.00021	0.00029	2.55204	0.28290	7.49608	0.55883	0.00005
		1	26	0.00000	0.00071	0.00013	0.00015	2.44152	0.45556	8.20702	0.88651	0.00003
		Total	98	0.00000	0.00148	0.00019	0.00026	2.77336	0.24376	9.30050	0.48296	0.00004
	2	0	50	0.00006	0.00016	0.00010	0.00002	0.55782	0.33660	-0.17924	0.66191	0.00010
		1	45	0.00008	0.00017	0.00011	0.00002	0.83066	0.35373	0.95205	0.69454	0.00011
		Total	95	0.00006	0.00017	0.00010	0.00002	0.55101	0.24746	0.20059	0.49017	0.00010
SrinC	3	0	72	0.00004	0.00120	0.00018	0.00016	4.04884	0.28290	22.34377	0.55883	0.00014
		1	26	0.00006	0.00026	0.00013	0.00006	0.89490	0.45556	-0.18177	0.88651	0.00012
		Total	98	0.00004	0.00120	0.00017	0.00014	4.50939	0.24376	28.54679	0.48296	0.00014
	2	0	50	0.00026	0.00087	0.00056	0.00013	0.16771	0.33660	0.33962	0.66191	0.00055
		1	45	0.00034	0.00096	0.00057	0.00014	0.63631	0.35373	0.38720	0.69454	0.00055
		Total	95	0.00026	0.00096	0.00057	0.00013	0.42644	0.24746	0.34599	0.49017	0.00055

5. Resultados

YinC	3	0	72	0.00010	0.00095	0.00052	0.00020	-0.02036	0.28290	-0.43090	0.55883	0.00047
		1	26	0.00014	0.00085	0.00045	0.00016	1.29106	0.45556	2.43635	0.88651	0.00043
		Total	98	0.00010	0.00095	0.00050	0.00019	0.24729	0.24376	-0.27786	0.48296	0.00046
YinC	2	0	50	0.00001	0.00019	0.00006	0.00004	1.10154	0.33660	1.45770	0.66191	0.00005
		1	45	0.00001	0.00015	0.00006	0.00004	0.74936	0.35373	-0.00191	0.69454	0.00004
		Total	95	0.00001	0.00019	0.00006	0.00004	0.94118	0.24746	0.78870	0.49017	0.00005
ZrinC	3	0	72	0.00000	0.00025	0.00004	0.00006	2.29261	0.28290	4.42577	0.55883	0.00002
		1	26	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	1.78107	0.45556	4.20095	0.88651	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00025	0.00003	0.00005	2.75390	0.24376	7.16172	0.48296	0.00002
ZrinC	2	0	50	0.00004	0.00534	0.00175	0.00125	1.13108	0.33660	0.81399	0.66191	0.00129
		1	45	0.00009	0.00663	0.00242	0.00133	0.81613	0.35373	0.97201	0.69454	0.00199
		Total	95	0.00004	0.00663	0.00206	0.00132	0.91043	0.24746	0.64212	0.49017	0.00159
CdinC	3	0	72	0.00001	0.04053	0.00481	0.00641	3.62697	0.28290	15.80098	0.55883	0.00216
		1	26	0.00002	0.01016	0.00230	0.00202	2.44710	0.45556	8.62138	0.88651	0.00155
		Total	98	0.00001	0.04053	0.00414	0.00569	4.08803	0.24376	20.68733	0.48296	0.00198
CdinC	2	0	50	0.00001	0.00039	0.00009	0.00008	1.83963	0.33660	3.48441	0.66191	0.00007
		1	45	0.00002	0.00051	0.00010	0.00010	2.11731	0.35373	5.19414	0.69454	0.00007
		Total	95	0.00001	0.00051	0.00010	0.00009	2.04018	0.24746	4.79281	0.49017	0.00007
SninC	3	0	72	0.00000	0.00099	0.00009	0.00015	3.86515	0.28290	19.22565	0.55883	0.00003
		1	26	0.00000	0.00018	0.00005	0.00004	1.50820	0.45556	2.80870	0.88651	0.00002
		Total	98	0.00000	0.00099	0.00008	0.00013	4.41125	0.24376	25.54493	0.48296	0.00003
SninC	2	0	50	0.00005	0.00131	0.00044	0.00030	1.24789	0.33660	1.30544	0.66191	0.00034
		1	45	0.00010	0.00107	0.00041	0.00025	1.06463	0.35373	0.64240	0.69454	0.00034
		Total	95	0.00005	0.00131	0.00042	0.00028	1.21447	0.24746	1.24815	0.49017	0.00034
SbinC	3	0	72	0.00000	0.00622	0.00086	0.00138	2.23714	0.28290	4.52816	0.55883	0.00024
		1	26	0.00001	0.00433	0.00042	0.00088	3.88801	0.45556	16.77498	0.88651	0.00014
		Total	98	0.00000	0.00622	0.00074	0.00128	2.49791	0.24376	5.90015	0.48296	0.00021
SbinC	2	0	50	0.00005	0.01484	0.00067	0.00206	6.86729	0.33660	48.02561	0.66191	0.00031
		1	45	0.00005	0.00317	0.00040	0.00051	4.12542	0.35373	19.87650	0.69454	0.00028
		Total	95	0.00005	0.01484	0.00054	0.00154	8.79330	0.24746	81.83372	0.49017	0.00029
CsinC	3	0	72	0.00002	0.00222	0.00036	0.00042	2.59126	0.28290	8.12958	0.55883	0.00021
		1	26	0.00003	0.00044	0.00014	0.00010	1.17951	0.45556	2.16806	0.88651	0.00011
		Total	98	0.00002	0.00222	0.00030	0.00038	3.03854	0.24376	11.42001	0.48296	0.00018
CsinC	2	0	50	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	2.28484	0.33660	5.76512	0.66191	0.00001
		1	45	0.00001	0.00003	0.00001	0.00000	2.76282	0.35373	11.53204	0.69454	0.00001
		Total	95	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	2.40553	0.24746	7.66805	0.49017	0.00001
BainC	3	0	72	0.00000	0.00015	0.00001	0.00002	6.68200	0.28290	50.46762	0.55883	0.00000
		1	26	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	1.11595	0.45556	-0.46801	0.88651	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00015	0.00001	0.00002	7.62113	0.24376	66.65268	0.48296	0.00000
BainC	2	0	50	0.00013	0.00889	0.00225	0.00178	2.27149	0.33660	5.90160	0.66191	0.00171
		1	45	0.00053	0.00600	0.00229	0.00113	1.63082	0.35373	3.30023	0.69454	0.00207
		Total	95	0.00013	0.00889	0.00227	0.00150	2.24143	0.24746	6.60323	0.49017	0.00187
LainC	3	0	72	0.00000	0.01233	0.00101	0.00193	3.92178	0.28290	18.58026	0.55883	0.00016
		1	26	0.00000	0.01354	0.00188	0.00279	3.29238	0.45556	12.60614	0.88651	0.00056
		Total	98	0.00000	0.01354	0.00124	0.00221	3.70016	0.24376	16.09967	0.48296	0.00023
LainC	2	0	50	0.00000	0.00007	0.00002	0.00002	0.42797	0.33660	-1.15018	0.66191	0.00001
		1	45	0.00000	0.00010	0.00004	0.00003	0.35374	0.35373	-1.03879	0.69454	0.00001
		Total	95	0.00000	0.00010	0.00003	0.00003	0.63534	0.24746	-0.47643	0.49017	0.00001
CeinC	3	0	72	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	1.47962	0.28290	1.52887	0.55883	0.00002
		1	26	0.00000	0.00008	0.00003	0.00002	0.55113	0.45556	-0.10899	0.88651	0.00002
		Total	98	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	1.33839	0.24376	1.37466	0.48296	0.00002
CeinC	2	0	50	0.00000	0.00014	0.00004	0.00005	0.48592	0.33660	-1.23155	0.66191	0.00001
		1	45	0.00000	0.00020	0.00007	0.00006	0.18951	0.35373	-1.07757	0.69454	0.00002
		Total	95	0.00000	0.00020	0.00006	0.00005	0.43973	0.24746	-0.91516	0.49017	0.00001

5. Resultados

PrinC	3	0	72	0.00000	0.00021	0.00005	0.00005	1.04658	0.28290	0.86965	0.55883	0.00002
		1	26	0.00000	0.00013	0.00006	0.00004	-0.07256	0.45556	-0.90645	0.88651	0.00003
		Total	98	0.00000	0.00021	0.00006	0.00005	0.85867	0.24376	0.63776	0.48296	0.00002
PrinC	2	0	50	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	0.63780	0.33660	-0.88854	0.66191	0.00000
		1	45	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.17482	0.35373	-1.23299	0.69454	0.00000
		Total	95	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.47021	0.24746	-0.99745	0.49017	0.00000
NdinC	3	0	72	0.00000	0.00010	0.00001	0.00002	2.74106	0.28290	8.12778	0.55883	0.00000
		1	26	0.00000	0.00009	0.00001	0.00002	2.87253	0.45556	8.73990	0.88651	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00010	0.00001	0.00002	2.72965	0.24376	7.78834	0.48296	0.00000
NdinC	2	0	50	0.00000	0.00007	0.00002	0.00002	0.68383	0.33660	-0.84991	0.66191	0.00001
		1	45	0.00000	0.00010	0.00003	0.00003	0.31358	0.35373	-0.84690	0.69454	0.00002
		Total	95	0.00000	0.00010	0.00003	0.00002	0.57209	0.24746	-0.66118	0.49017	0.00001
HfinC	3	0	72	0.00000	0.00016	0.00003	0.00004	1.79707	0.28290	2.52700	0.55883	0.00001
		1	26	0.00000	0.00013	0.00003	0.00003	2.62776	0.45556	10.02169	0.88651	0.00002
		Total	98	0.00000	0.00016	0.00003	0.00003	1.95161	0.24376	3.43523	0.48296	0.00001
HfinC	2	0	50	0.00000	0.00028	0.00008	0.00006	1.13259	0.33660	0.88972	0.66191	0.00005
		1	45	0.00000	0.00026	0.00012	0.00006	0.42525	0.35373	-0.53833	0.69454	0.00009
		Total	95	0.00000	0.00028	0.00010	0.00007	0.69910	0.24746	-0.22328	0.49017	0.00007
TlinC	3	0	72	0.00000	0.00743	0.00057	0.00123	3.87560	0.28290	16.61499	0.55883	0.00013
		1	26	0.00000	0.00069	0.00013	0.00015	2.48256	0.45556	7.35460	0.88651	0.00007
		Total	98	0.00000	0.00743	0.00045	0.00107	4.55412	0.24376	23.32083	0.48296	0.00011
TlinC	2	0	50	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	1.77857	0.33660	3.48009	0.66191	0.00001
		1	45	0.00001	0.00005	0.00001	0.00001	2.47525	0.35373	7.54386	0.69454	0.00001
		Total	95	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	2.03443	0.24746	4.71745	0.49017	0.00001
PbinC	3	0	72	0.00000	0.00387	0.00008	0.00045	8.42231	0.28290	71.26935	0.55883	0.00001
		1	26	0.00000	0.00006	0.00001	0.00001	1.85198	0.45556	4.76738	0.88651	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00387	0.00006	0.00039	9.82008	0.24376	96.92884	0.48296	0.00001
PbinC	2	0	50	0.00061	0.03006	0.00391	0.00561	3.92727	0.33660	16.16953	0.66191	0.00255
		1	45	0.00060	0.00727	0.00283	0.00178	0.95509	0.35373	0.15477	0.69454	0.00233
		Total	95	0.00060	0.03006	0.00340	0.00426	4.90197	0.24746	27.82976	0.49017	0.00244
ThinC	3	0	72	0.00018	0.03154	0.00361	0.00488	3.58253	0.28290	16.11867	0.55883	0.00201
		1	26	0.00038	0.01075	0.00215	0.00205	3.12965	0.45556	12.64100	0.88651	0.00160
		Total	98	0.00018	0.03154	0.00322	0.00435	3.95593	0.24376	20.22671	0.48296	0.00189
ThinC	2	0	50	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	1.19713	0.33660	0.67225	0.66191	0.00000
		1	45	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.59877	0.35373	-0.87682	0.69454	0.00000
		Total	95	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.88439	0.24746	-0.30592	0.49017	0.00000
UinC	3	0	72	0.00000	0.00009	0.00001	0.00002	1.94832	0.28290	3.13318	0.55883	0.00000
		1	26	0.00000	0.00006	0.00001	0.00001	2.20149	0.45556	6.11137	0.88651	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00009	0.00001	0.00002	2.11159	0.24376	4.12286	0.48296	0.00000
UinC	2	0	50	0.00000	0.00008	0.00003	0.00002	0.86896	0.33660	0.65219	0.66191	0.00002
		1	45	0.00000	0.00010	0.00003	0.00002	0.77122	0.35373	1.77414	0.69454	0.00003
		Total	95	0.00000	0.00010	0.00003	0.00002	0.83718	0.24746	1.28639	0.49017	0.00002
MoinC	3	0	72	0.00000	0.00022	0.00002	0.00004	3.15618	0.28290	10.11215	0.55883	0.00000
		1	26	0.00000	0.00005	0.00001	0.00001	2.52339	0.45556	6.11281	0.88651	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00022	0.00002	0.00004	3.62640	0.24376	14.06452	0.48296	0.00000
MoinC	2	0	50	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	7.07107	0.33660	50.00000	0.66191	0.00000
		Total	95	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	9.74679	0.24746	95.00000	0.49017	0.00000
	3	0	72	0.00000	0.00562	0.00050	0.00116	3.26898	0.28290	10.56727	0.55883	0.00002
		1	26	0.00000	0.00159	0.00016	0.00037	3.15724	0.45556	10.31344	0.88651	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00562	0.00041	0.00102	3.74824	0.24376	14.61258	0.48296	0.00002

5. Resultados

Tabla 5.5. Nivel de significación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de los valores medios de las variables tomando como factor la ausencia o presencia de intrusión de masas de aire con polvo africano, para los cocientes de las variables respecto de la componente crustal en las fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$ y segmentando las variables por estación. El nivel de significación considerado es del p-valor de 0.05 y así aparece marcado en negrita cuando se observa la diferencia significativa a ese umbral. El código de casetas corresponde con Bastarreche = 1, Mompeán = 2 y Santa Ana = 3. “gl” indica los grados de libertad y “sig” el nivel de significación o p-valor.

a) PM_{10} .

Variable	Sig.	Variable segmentando por estación	1	2	3	VariableinC	Sig.	Variableinc segmentando por estación	1	2	3
PM_{10}	0.000	PM_{10}	0.000	0.000	0.008	$PM_{10}inC$	0.508	$PM_{10}inC$	0.966	0.053	0.048
$PM_{10}M$	0.003	$PM_{10}M$	0.009	0.002	0.008	$PM_{10}MinC$	0.596	$PM_{10}MinC$	0.139	0.053	0.048
OM+EC	0.035	OM+EC	0.281	0.199	0.007	OM+ECinC	0.004	OM+ECinC	0.008	0.353	0.001
Al_2O_3	0.000	Al_2O_3	0.001	0.121	0.002	Al_2O_3inC	0.000	Al_2O_3inC	0.000	0.002	0.000
Ca	0.211	Ca	0.555	0.109	0.319	Ca _{inC}	0.000	Ca _{inC}	0.000	0.000	0.000
Ca _{sol}	0.692	Ca _{sol}		0.692		Ca _{sol} inC	0.070	Ca _{sol} inC		0.070	
K	0.128	K	0.073	0.948	0.031	K _{inC}	0.405	K _{inC}	0.152	0.853	0.350
K _{sol}	0.678	K _{sol}		0.678		K _{sol} inC	0.519	K _{sol} inC		0.519	
Na	0.000	Na	0.082	0.157	0.005	Na _{inC}	0.043	Na _{inC}	0.925	0.168	0.689
Na _{sol}	0.081	Na _{sol}		0.081		Na _{sol} inC	0.152	Na _{sol} inC		0.152	
Mg	0.000	Mg	0.009	0.390	0.001	Mg _{inC}	0.049	Mg _{inC}	0.950	0.503	0.259
Mg _{sol}	0.011	Mg _{sol}		0.011		Mg _{sol} inC	0.362	Mg _{sol} inC		0.362	
Fe	0.002	Fe	0.048	0.619	0.004	Fe _{inC}	0.049	Fe _{inC}	0.349	0.503	0.001
SO_4^{2-}	0.000	SO_4^{2-}	0.000	0.014	0.000	$SO_4^{2-}inC$	0.003	$SO_4^{2-}inC$	0.152	0.014	0.824
NO_3^-	0.002	NO_3^-	0.192	0.000	0.126	NO_3^-inC	0.597	NO_3^-inC	0.509	0.009	0.091
Cl ⁻	0.181	Cl ⁻	0.540	0.695	0.104	Cl ⁻ inC	0.924	Cl ⁻ inC	0.582	0.733	0.346
F ⁻	0.201	F ⁻		0.201		F ⁻ inC	0.486	F ⁻ inC		0.486	
NH_4^+	0.000	NH_4^+	0.004	0.000	0.171	NH_4^+inC	0.063	NH_4^+inC	0.509	0.002	0.216
Li	0.002	Li	0.001	0.565	0.006	Li _{inC}	0.044	Li _{inC}	0.735	0.163	0.061
P	0.748	P	0.086	0.619	0.817	P _{inC}	0.007	P _{inC}	0.226	0.948	0.000
Ti	0.000	Ti	0.001	0.221	0.001	Ti _{inC}	0.000	Ti _{inC}	0.000	0.054	0.000
V	0.001	V	0.011	0.907	0.005	V _{inC}	0.042	V _{inC}	0.157	0.866	0.471
Cr	0.080	Cr	0.383	0.380	0.008	Cr _{inC}	0.805	Cr _{inC}	0.088	0.231	0.522
Mn	0.017	Mn	0.144	0.921	0.010	Mn _{inC}	0.700	Mn _{inC}	0.021	0.713	0.248
Co	0.141	Co	0.057	0.387	0.027	Co _{inC}	0.850	Co _{inC}	0.718	0.274	0.993
Ni	0.024	Ni	0.081	0.825	0.008	Ni _{inC}	0.635	Ni _{inC}	0.894	0.935	0.776
Cu	0.219	Cu	0.155	0.040	0.580	Cu _{inC}	0.012	Cu _{inC}	0.000	0.045	0.009
Zn	0.027	Zn	0.460	0.765	0.729	Zn _{inC}	0.380	Zn _{inC}	0.179	0.779	0.001
As	0.022	As	0.148	0.138	0.048	As _{inC}	0.730	As _{inC}	0.203	0.086	0.027
Se	0.012	Se	0.278	0.020	0.288	Se _{inC}	0.641	Se _{inC}	0.413	0.053	0.274
Rb	0.016	Rb	0.003	0.583	0.005	Rb _{inC}	0.000	Rb _{inC}	0.002	0.081	0.013
Sr	0.612	Sr	0.033	0.955	0.018	Sr _{inC}	0.000	Sr _{inC}	0.052	0.282	0.006
Y	0.003	Y	0.009	0.607	0.027	Y _{inC}	0.042	Y _{inC}	0.197	0.565	0.709
Zr	0.000	Zr	0.331	0.000	0.702	Zr _{inC}	0.095	Zr _{inC}	0.850	0.007	0.005
Cd	0.631	Cd	0.372	0.366	0.384	Cd _{inC}	0.355	Cd _{inC}	0.038	0.228	0.145
Sn	0.446	Sn	0.148	0.335	0.410	Sn _{inC}	0.095	Sn _{inC}	0.000	0.301	0.031
Sb	0.605	Sb	0.229	0.134	0.810	Sb _{inC}	0.048	Sb _{inC}	0.001	0.101	0.008
Cs	0.004	Cs	0.000	0.416	0.066	Cs _{inC}	0.007	Cs _{inC}	0.067	0.117	0.929
Ba	0.001	Ba	0.074	0.805	0.004	Ba _{inC}	0.297	Ba _{inC}	0.054	0.619	0.722

5. Resultados

La	0.003	La	0.002	0.366	0.002	LainC	0.000	LainC	0.003	0.145	0.000
Ce	0.001	Ce	0.001	0.180	0.005	CeinC	0.000	CeinC	0.010	0.093	0.002
Pr	0.001	Pr	0.001	0.111	0.000	PrinC	0.002	PrinC	0.034	0.062	0.001
Nd	0.002	Nd	0.008	0.118	0.001	NdinC	0.000	NdinC	0.125	0.080	0.000
Hf	0.068	Hf	0.051	0.001	0.452	HfinC	0.480	HfinC	0.869	0.006	0.020
Tl	0.754	Tl	0.353	0.016	0.476	TlinC	0.400	TlinC	0.700	0.059	0.116
Pb	0.108	Pb	0.241	0.077	0.044	PbinC	0.446	PbinC	0.095	0.123	0.413
Th	0.000	Th	0.011	0.104	0.047	ThinC	0.018	ThinC	0.550	0.008	0.722
U	0.557	U	0.705	0.431	0.748	UinC	0.606	UinC	0.076	0.455	0.259
Mo	0.008	Mo	0.990	0.340	0.993	MoinC	0.001	MoinC	0.460	0.340	0.328

b) PM_{2.5}.

Variable	Sig.	Variable segmentando por estación	2	3	Variable	Sig.	Variable segmentando por estación	2	3
PM _{2.5}	0.130	PM _{2.5}	0.393	0.256	PM _{2.5} inC	0.124	PM _{2.5} inC	0.013	0.015
PM _{2.5} M	0.023	PM _{2.5} M	0.045	0.256	PM _{2.5} MinC	0.124	PM _{2.5} MinC	0.013	0.015
OM+EC	0.466	OM+EC	0.451	0.047	OM+ECinC	0.019	OM+ECinC	0.796	0.002
Al ₂ O ₃	0.000	Al ₂ O ₃	0.383	0.007	Al ₂ O ₃ inC	0.000	Al ₂ O ₃ inC	0.001	0.013
Ca	0.831	Ca	0.005	0.562	Ca _{in} C	0.000	Ca _{in} C	0.000	0.003
Ca _{sol}	0.003	Ca _{sol}	0.003		Ca _{sol} inC	0.000	Ca _{sol} inC	0.000	
K	0.442	K	0.970	0.723	K _{in} C	0.055	K _{in} C	0.187	0.005
K _{sol}	0.408	K _{sol}	0.408		K _{sol} inC	0.556	K _{sol} inC	0.556	
Na	0.000	Na	0.230	0.068	Na _{in} C	0.236	Na _{in} C	0.219	0.250
Na _{sol}	0.261	Na _{sol}	0.261		Na _{sol} inC	0.297	Na _{sol} inC	0.297	
Mg	0.000	Mg	0.911	0.001	Mg _{in} C	0.033	Mg _{in} C	0.671	0.042
Mg _{sol}	0.860	Mg _{sol}	0.860		Mg _{sol} inC	0.270	Mg _{sol} inC	0.270	
Fe	0.000	Fe	0.743	0.001	Fe _{in} C	0.001	Fe _{in} C	0.502	0.016
SO ₄ ²⁻	0.000	SO ₄ ²⁻	0.000	0.000	SO ₄ ²⁻ inC	0.114	SO ₄ ²⁻ inC	0.000	0.705
NO ₃ ⁻	0.109	NO ₃ ⁻	0.959	0.080	NO ₃ ⁻ inC	0.006	NO ₃ ⁻ inC	0.252	0.001
Cl ⁻	0.001	Cl ⁻	0.024	0.161	Cl ⁻ inC	0.000	Cl ⁻ inC	0.183	0.008
F ⁻	0.060	F ⁻	0.060		F _{in} C	0.146	F _{in} C	0.146	
NH ₄ ⁺	0.001	NH ₄ ⁺	0.000	0.504	NH ₄ ⁺ inC	0.874	NH ₄ ⁺ inC	0.000	0.077
Li	0.011	Li	0.612	0.050	Li _{in} C	0.226	Li _{in} C	0.016	0.936
P	0.069	P	0.832	0.382	P _{in} C	0.264	P _{in} C	0.257	0.013
Ti	0.000	Ti	0.213	0.001	Ti _{in} C	0.000	Ti _{in} C	0.000	0.014
V	0.000	V	0.013	0.008	V _{in} C	0.078	V _{in} C	0.020	0.891
Cr	0.014	Cr	0.186	0.105	Cr _{in} C	0.864	Cr _{in} C	0.076	0.351
Mn	0.001	Mn	0.737	0.021	Mn _{in} C	0.195	Mn _{in} C	0.541	0.641
Co	0.124	Co	0.185	0.875	Co _{in} C	0.659	Co _{in} C	0.106	0.113
Ni	0.000	Ni	0.009	0.016	Ni _{in} C	0.284	Ni _{in} C	0.023	0.711
Cu	0.981	Cu	0.156	0.422	Cu _{in} C	0.115	Cu _{in} C	0.536	0.005
Zn	0.046	Zn	0.242	0.499	Zn _{in} C	0.730	Zn _{in} C	0.375	0.006
As	0.017	As	0.293	0.077	As _{in} C	0.451	As _{in} C	0.408	0.126
Se	0.105	Se	0.800	0.429	Se _{in} C	0.481	Se _{in} C	0.783	0.206
Rb	0.005	Rb	0.618	0.018	Rb _{in} C	0.710	Rb _{in} C	0.033	0.227
Sr	0.010	Sr	0.474	0.032	Sr _{in} C	0.387	Sr _{in} C	0.982	0.069
Y	0.044	Y	0.720	0.442	Y _{in} C	0.671	Y _{in} C	0.988	0.326
Zr	0.013	Zr	0.001	0.693	Zr _{in} C	0.464	Zr _{in} C	0.007	0.018
Cd	0.081	Cd	0.905	0.310	Cd _{in} C	0.783	Cd _{in} C	0.551	0.367
Sn	0.986	Sn	0.245	0.843	Sn _{in} C	0.355	Sn _{in} C	0.721	0.126

5. Resultados

Sb	0.532	Sb	0.367	0.557	SbinC	0.142	SbinC	0.541	0.009
Cs	0.017	Cs	0.964	0.504	CsinC	0.091	CsinC	0.049	0.057
Ba	0.000	Ba	0.923	0.001	BainC	0.000	BainC	0.210	0.013
La	0.001	La	0.059	0.010	LainC	0.040	LainC	0.013	0.274
Ce	0.001	Ce	0.134	0.013	CeinC	0.032	CeinC	0.025	0.346
Pr	0.008	Pr	0.118	0.045	PrinC	0.049	PrinC	0.031	0.367
Nd	0.006	Nd	0.149	0.056	NdinC	0.130	NdinC	0.067	0.536
Hf	0.072	Hf	0.001	0.815	HfinC	0.960	HfinC	0.003	0.060
Tl	0.241	Tl	0.386	0.358	TlinC	0.456	TlinC	0.911	0.243
Pb	0.105	Pb	0.314	0.079	PbinC	0.546	PbinC	0.911	0.240
Th	0.007	Th	0.023	0.153	ThinC	0.121	ThinC	0.021	0.910
U	0.029	U	0.771	0.603	UinC	0.065	UinC	0.185	0.754
Mo	0.003	Mo	0.343	0.825	MoinC	0.001	MoinC	0.343	0.137

Tabla 5.6. Estadísticos descriptivos de las variables y de los cocientes de la variable y la fracción crustal en las muestras PM₁₀ y PM_{2.5} considerando el factor de dominio dominante de viento para aquellas variables o sus cocientes en los que hay diferencias significativas entre días con intrusión y sin ella. La concentración está expresada como µg/m³.

a) Conjunto de datos en la fracción PM₁₀.

	Viento	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀	1	644	8,59852	114,00000	34,34304	13,57033	1,23370	0,09630	3,30095	0,19230	31,89058
	2	543	8,40203	340,34211	39,26542	20,04267	7,13334	0,10483	95,51486	0,20928	36,38676
	3	160	8,23065	77,84391	30,36171	10,73949	0,84530	0,19187	2,02198	0,38146	28,47704
	4	75	8,59671	81,62618	37,43432	15,23110	0,90495	0,27740	0,47837	0,54821	34,54677
	Total	1422	8,23065	340,34211	35,93775	16,44807	5,50368	0,06489	84,86949	0,12969	33,25338
PM ₁₀ M	1	114	14,00000	114,00000	40,59631	16,01448	1,12943	0,22647	3,05150	0,44926	37,64470
	2	124	15,00000	122,00000	46,16472	17,60147	1,39306	0,21737	3,65497	0,43147	43,20899
	3	18	26,02369	49,41119	36,47747	7,55408	0,36139	0,53628	-1,10750	1,03780	35,75221
	4	16	19,02177	71,61278	42,41013	14,87575	0,38920	0,56431	-0,47041	1,09077	39,91339
	Total	272	14,00000	122,00000	42,96898	16,53000	1,30504	0,14771	3,58391	0,29437	40,08761
OM+EC	1	114	0,50000	26,33766	8,48841	5,61848	1,22753	0,22647	1,15604	0,44926	6,79681
	2	124	0,60000	17,05385	6,82065	3,23058	0,95464	0,21737	0,80674	0,43147	6,06477
	3	18	2,67737	14,45322	6,17859	3,29417	1,83065	0,53628	2,87885	1,03780	5,57219
	4	16	2,17113	13,34975	6,46627	2,87993	0,77667	0,56431	0,69866	1,09077	5,86904
	Total	272	0,50000	26,33766	7,45630	4,45407	1,55060	0,14771	2,97357	0,29437	6,31370
Al ₂ O ₃	1	114	0,08088	12,02533	1,11631	1,38700	5,30568	0,22647	35,84801	0,44926	0,80707
	2	124	0,25853	11,47501	1,51648	1,72875	3,26393	0,21737	13,24955	0,43147	1,06430
	3	18	0,41752	2,29460	0,99130	0,46440	1,48203	0,53628	2,79957	1,03780	0,90424
	4	16	0,28396	2,37612	0,80753	0,50613	2,16960	0,56431	5,81412	1,09077	0,70302
	Total	272	0,08088	12,02533	1,27230	1,49728	4,18268	0,14771	22,26536	0,29437	0,91501
Na	1	114	0,00703	5,29011	0,78619	0,76108	2,69928	0,22647	10,89744	0,44926	0,53827
	2	124	0,12939	4,20797	1,29689	0,91943	1,09244	0,21737	0,72990	0,43147	0,99711
	3	18	0,21407	3,01910	1,28636	0,86770	0,71560	0,53628	-0,29467	1,03780	0,98067

5. Resultados

	4	16	0,20490	2,69312	0,95269	0,75768	1,08443	0,56431	0,21800	1,09077	0,70366
	Total	272	0,00703	5,29011	1,06190	0,87494	1,51230	0,14771	2,63752	0,29437	0,75361
Mg	1	114	0,03460	1,52689	0,30044	0,20544	3,33025	0,22647	15,55417	0,44926	0,25624
	2	124	0,06675	1,58989	0,40048	0,24303	2,31096	0,21737	7,95530	0,43147	0,34689
	3	18	0,07384	0,59363	0,32756	0,11448	0,18224	0,53628	1,35764	1,03780	0,30394
	4	16	0,08495	0,67049	0,25779	0,13604	1,88574	0,56431	5,17773	1,09077	0,23078
	Total	272	0,03460	1,58989	0,34533	0,22128	2,66268	0,14771	10,49713	0,29437	0,29570
Mg _{sol}	1	27	0,10820	0,25692	0,17175	0,03819	0,10624	0,44785	-0,39202	0,87207	0,16754
	2	38	0,09891	0,47619	0,22489	0,08857	1,54237	0,38282	1,76958	0,74970	0,21134
	3	12	0,17981	0,28547	0,20632	0,03444	2,00651	0,63730	2,67569	1,23225	0,20408
	4	5	0,13399	0,25631	0,19420	0,04325	0,10978	0,91287	2,00643	2,00000	0,19023
	Total	82	0,09891	0,47619	0,20280	0,06973	2,00538	0,26572	4,97011	0,52562	0,19353
Fe	1	114	0,05709	3,68267	0,55210	0,45130	3,73728	0,22647	21,10990	0,44926	0,44195
	2	124	0,09370	3,48059	0,59707	0,49512	3,12244	0,21737	13,07918	0,43147	0,48299
	3	18	0,20594	0,78080	0,46225	0,16567	0,08727	0,53628	-0,70060	1,03780	0,43163
	4	16	0,16314	0,84293	0,39278	0,18534	0,86233	0,56431	0,96639	1,09077	0,35287
	Total	272	0,05709	3,68267	0,55728	0,45028	3,53665	0,14771	17,91059	0,29437	0,45345
SO ₄ ²⁻	1	114	0,90800	12,54034	4,62439	2,23744	0,70533	0,22647	0,58780	0,44926	4,06837
	2	124	1,46101	14,33926	5,64013	2,63688	0,84010	0,21737	0,71726	0,43147	5,03758
	3	18	1,32372	8,72463	4,99215	1,92814	0,08876	0,53628	-0,32006	1,03780	4,57808
	4	16	2,57862	7,56705	4,97350	1,47292	0,15527	0,56431	-0,69598	1,09077	4,75985
	Total	272	0,90800	14,33926	5,13232	2,41369	0,83463	0,14771	0,99417	0,29437	4,56173
NO ₃ ⁻	1	114	0,11748	8,38441	2,91618	2,01774	1,16269	0,22647	0,56301	0,44926	2,28029
	2	124	0,42000	11,18000	3,32096	2,09661	1,39846	0,21737	2,29915	0,43147	2,74713
	3	18	1,00859	3,31000	2,17771	0,60648	-0,35547	0,53628	-0,33762	1,03780	2,08566
	4	16	0,96434	7,19218	2,84978	1,48064	1,66643	0,56431	4,27736	1,09077	2,54365
	Total	272	0,11748	11,18000	3,04793	1,98272	1,38560	0,14771	1,96026	0,29437	2,48367
NH ₄ ⁺	1	114	0,04473	3,84000	1,36058	0,77700	0,86617	0,22647	0,94988	0,44926	1,11095
	2	124	0,27711	7,27000	1,53727	1,13963	2,83283	0,21737	10,43296	0,43147	1,26503
	3	18	0,67061	1,64631	1,24050	0,25596	-0,75655	0,53628	0,10776	1,03780	1,21169
	4	16	0,38000	5,49000	1,79560	1,25715	1,92226	0,56431	4,53006	1,09077	1,47339
	Total	272	0,04473	7,27000	1,45877	0,97444	2,58562	0,14771	10,64519	0,29437	1,20536
Li	1	114	0,00004	0,00555	0,00051	0,00067	5,61158	0,22647	37,06210	0,44926	0,00035
	2	124	0,00004	0,00418	0,00057	0,00055	3,66407	0,21737	18,67982	0,43147	0,00043
	3	18	0,00011	0,00096	0,00042	0,00021	1,10866	0,53628	1,49262	1,03780	0,00037
	4	16	0,00004	0,00087	0,00032	0,00018	1,86239	0,56431	5,90911	1,09077	0,00027
	Total	272	0,00004	0,00555	0,00052	0,00058	5,12345	0,14771	34,71362	0,29437	0,00038
Ti	1	114	0,00206	0,34923	0,03435	0,03986	5,34169	0,22647	36,47878	0,44926	0,02577
	2	124	0,00659	0,32543	0,04329	0,04878	3,45187	0,21737	14,98430	0,43147	0,03091
	3	18	0,00905	0,06352	0,02770	0,01301	1,23855	0,53628	2,34959	1,03780	0,02504
	4	16	0,00867	0,05474	0,02258	0,01073	1,91756	0,56431	4,90042	1,09077	0,02070
	Total	272	0,00206	0,34923	0,03729	0,04241	4,36683	0,14771	24,35078	0,29437	0,02759
V	1	114	0,00023	0,04463	0,00722	0,00684	2,43242	0,22647	8,33838	0,44926	0,00500
	2	124	0,00153	0,04655	0,01384	0,01087	1,18211	0,21737	0,80114	0,43147	0,01005

5. Resultados

	3	18	0,00121	0,01731	0,00666	0,00458	0,99547	0,53628	0,40977	1,03780	0,00519
	4	16	0,00238	0,03074	0,00902	0,00737	1,95213	0,56431	4,31897	1,09077	0,00702
	Total	272	0,00023	0,04655	0,01031	0,00939	1,71123	0,14771	2,88349	0,29437	0,00703
	Mn	1	114	0,00149	0,06225	0,01171	0,00899	3,12169	0,22647	13,89363	0,44926
		2	124	0,00169	0,06285	0,01214	0,00883	2,78298	0,21737	10,93052	0,43147
	3	18	0,00403	0,01814	0,00984	0,00389	0,43781	0,53628	-0,33520	1,03780	0,00909
	4	16	0,00359	0,01795	0,00886	0,00438	1,06904	0,56431	0,55835	1,09077	0,00795
	Total	272	0,00149	0,06285	0,01162	0,00848	3,04246	0,14771	13,38213	0,29437	0,00965
	Ni	1	114	0,00031	0,02141	0,00409	0,00349	2,21998	0,22647	7,11601	0,44926
		2	124	0,00019	0,02764	0,00704	0,00586	1,43699	0,21737	1,98455	0,43147
	3	18	0,00019	0,01475	0,00334	0,00335	2,44691	0,53628	7,94485	1,03780	0,00198
	4	16	0,00041	0,01147	0,00415	0,00313	1,23816	0,56431	1,01694	1,09077	0,00312
	Total	272	0,00019	0,02764	0,00539	0,00492	1,91139	0,14771	4,26991	0,29437	0,00362
	Zn	1	114	0,00298	3,86875	0,45780	0,55142	2,61753	0,22647	12,15124	0,44926
		2	124	0,00515	4,35940	0,36011	0,49031	4,76401	0,21737	35,51039	0,43147
	3	18	0,01509	0,99692	0,42318	0,29005	0,46488	0,53628	-0,21176	1,03780	0,26430
	4	16	0,00323	1,73131	0,46705	0,53805	1,16372	0,56431	0,39832	1,09077	0,15077
	Total	272	0,00298	4,35940	0,41152	0,50941	3,38036	0,14771	20,07329	0,29437	0,15890
	As	1	114	0,00006	0,00268	0,00097	0,00062	0,76886	0,22647	-0,08315	0,44926
		2	124	0,00021	0,00519	0,00098	0,00071	2,64560	0,21737	10,62165	0,43147
	3	18	0,00030	0,00446	0,00093	0,00091	3,87687	0,53628	15,84500	1,03780	0,00076
	4	16	0,00025	0,00140	0,00074	0,00034	0,37333	0,56431	-0,62836	1,09077	0,00066
	Total	272	0,00006	0,00519	0,00096	0,00067	2,23647	0,14771	8,48282	0,29437	0,00078
	Se	1	114	0,00000	0,00281	0,00063	0,00050	1,60279	0,22647	4,07475	0,44926
		2	124	0,00000	0,00242	0,00063	0,00045	1,35523	0,21737	2,33733	0,43147
	3	18	0,00000	0,00151	0,00055	0,00036	1,14073	0,53628	1,89035	1,03780	0,00039
	4	16	0,00004	0,00126	0,00052	0,00035	0,44853	0,56431	-0,34746	1,09077	0,00036
	Total	272	0,00000	0,00281	0,00062	0,00046	1,48550	0,14771	3,41403	0,29437	0,00041
	Rb	1	114	0,00021	0,00792	0,00098	0,00090	4,88744	0,22647	32,33497	0,44926
		2	124	0,00030	0,00771	0,00119	0,00109	3,17235	0,21737	13,04186	0,43147
	3	18	0,00033	0,00176	0,00080	0,00035	1,35049	0,53628	2,20772	1,03780	0,00074
	4	16	0,00034	0,00157	0,00071	0,00035	1,57131	0,56431	1,90173	1,09077	0,00065
	Total	272	0,00021	0,00792	0,00105	0,00096	3,97770	0,14771	21,16070	0,29437	0,00085
	Y	1	114	0,00000	0,00197	0,00018	0,00023	4,57316	0,22647	31,77715	0,44926
		2	124	0,00000	0,00189	0,00024	0,00024	3,35252	0,21737	18,44869	0,43147
	3	18	0,00000	0,00077	0,00025	0,00020	1,24502	0,53628	1,07495	1,03780	0,00016
	4	16	0,00000	0,00059	0,00017	0,00015	1,74947	0,56431	3,76208	1,09077	0,00009
	Total	272	0,00000	0,00197	0,00021	0,00023	3,69798	0,14771	22,45027	0,29437	0,00010
	Zr	1	114	0,00002	0,01310	0,00433	0,00361	0,62723	0,22647	-0,48429	0,44926
		2	124	0,00002	0,01412	0,00524	0,00392	0,30589	0,21737	-0,99074	0,43147
	3	18	0,00040	0,01357	0,00776	0,00401	-0,72570	0,53628	-0,54245	1,03780	0,00578
	4	16	0,00002	0,01057	0,00473	0,00352	0,16558	0,56431	-1,34193	1,09077	0,00222
	Total	272	0,00002	0,01412	0,00499	0,00385	0,37829	0,14771	-0,94293	0,29437	0,00227
	Cs	1	114	0,00001	0,00047	0,00007	0,00006	3,48617	0,22647	17,08850	0,44926

5. Resultados

	2	124	0,00001	0,00049	0,00009	0,00007	2,57920	0,21737	9,12012	0,43147	0,00006
	3	18	0,00001	0,00012	0,00006	0,00003	0,93138	0,53628	0,88473	1,03780	0,00005
	4	16	0,00001	0,00012	0,00005	0,00003	0,41368	0,56431	-0,26537	1,09077	0,00004
	Total	272	0,00001	0,00049	0,00007	0,00007	3,01037	0,14771	12,73807	0,29437	0,00005
Ba	1	114	0,00031	0,04569	0,01328	0,00819	0,99441	0,22647	1,50125	0,44926	0,01042
	2	124	0,00115	0,21284	0,01714	0,02086	7,13337	0,21737	63,92593	0,43147	0,01306
	3	18	0,00448	0,02371	0,01319	0,00568	0,66803	0,53628	-0,51607	1,03780	0,01206
	4	16	0,00091	0,02464	0,01101	0,00587	0,59703	0,56431	0,79762	1,09077	0,00905
	Total	272	0,00031	0,21284	0,01490	0,01529	8,53791	0,14771	104,58191	0,29437	0,01156
La	1	114	0,00001	0,00281	0,00030	0,00034	4,54653	0,22647	27,71416	0,44926	0,00020
	2	124	0,00001	0,00277	0,00042	0,00044	3,05236	0,21737	12,07129	0,43147	0,00029
	3	18	0,00001	0,00051	0,00022	0,00014	0,41170	0,53628	0,24714	1,03780	0,00014
	4	16	0,00003	0,00035	0,00022	0,00008	-0,61989	0,56431	1,04170	1,09077	0,00020
	Total	272	0,00001	0,00281	0,00034	0,00038	3,75376	0,14771	18,57940	0,29437	0,00023
Ce	1	114	0,00000	0,00685	0,00065	0,00077	5,40688	0,22647	38,45802	0,44926	0,00045
	2	124	0,00000	0,00641	0,00082	0,00091	3,30055	0,21737	14,41325	0,43147	0,00053
	3	18	0,00000	0,00114	0,00049	0,00032	0,24406	0,53628	-0,11144	1,03780	0,00026
	4	16	0,00000	0,00075	0,00041	0,00018	-0,30297	0,56431	0,66212	1,09077	0,00031
	Total	272	0,00000	0,00685	0,00070	0,00081	4,27177	0,14771	24,51697	0,29437	0,00045
Pr	1	114	0,00000	0,00069	0,00007	0,00008	4,14837	0,22647	25,74333	0,44926	0,00004
	2	124	0,00000	0,00068	0,00010	0,00011	2,63792	0,21737	9,85612	0,43147	0,00006
	3	18	0,00000	0,00013	0,00005	0,00004	0,37145	0,53628	-0,45750	1,03780	0,00002
	4	16	0,00000	0,00013	0,00006	0,00004	0,28588	0,56431	-0,49816	1,09077	0,00004
	Total	272	0,00000	0,00069	0,00009	0,00009	3,30401	0,14771	15,89545	0,29437	0,00005
Nd	1	114	0,00000	0,00278	0,00028	0,00035	4,44555	0,22647	25,67735	0,44926	0,00015
	2	124	0,00000	0,00272	0,00037	0,00044	3,05829	0,21737	12,04362	0,43147	0,00019
	3	18	0,00000	0,00051	0,00020	0,00014	0,59433	0,53628	0,21861	1,03780	0,00008
	4	16	0,00000	0,00030	0,00019	0,00008	-0,79163	0,56431	0,85601	1,09077	0,00014
	Total	272	0,00000	0,00278	0,00031	0,00038	3,76055	0,14771	18,33724	0,29437	0,00016
Th	1	114	0,00000	0,00091	0,00010	0,00011	3,55230	0,22647	21,67952	0,44926	0,00002
	2	124	0,00000	0,00089	0,00013	0,00012	3,25779	0,21737	16,11202	0,43147	0,00007
	3	18	0,00000	0,00035	0,00010	0,00009	1,16611	0,53628	1,52738	1,03780	0,00003
	4	16	0,00000	0,00017	0,00007	0,00004	0,67915	0,56431	0,19731	1,09077	0,00004
	Total	272	0,00000	0,00091	0,00011	0,00011	3,33164	0,14771	18,39030	0,29437	0,00004
Mo	1	114	0,00000	0,01053	0,00136	0,00217	1,73928	0,22647	2,81167	0,44926	0,00000
	2	124	0,00000	0,01540	0,00136	0,00208	2,88556	0,21737	15,62993	0,43147	0,00000
	3	18	0,00000	0,01695	0,00127	0,00403	3,87768	0,53628	15,56823	1,03780	0,00000
	4	16	0,00000	0,00511	0,00125	0,00174	1,32558	0,56431	0,78552	1,09077	0,00000
	Total	272	0,00000	0,01695	0,00135	0,00226	2,89511	0,14771	13,53800	0,29437	0,00000

5. Resultados

b) Los cocientes de las variables respecto a la componente crustal en las muestras PM₁₀.

	Viento	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
OM+ECinC	1	114	0.01305	6.73961	0.98848	0.86316	3.24651	0.22647	17.43134	0.44926	0.72156
	2	124	0.00961	2.17472	0.70539	0.45215	0.71854	0.21737	0.20440	0.43147	0.53069
	3	18	0.20686	1.41109	0.70886	0.38277	0.79716	0.53628	-0.40133	1.03780	0.61545
	4	16	0.29749	1.50246	0.87601	0.41530	0.25844	0.56431	-1.64281	1.09077	0.77999
	Total	272	0.00961	6.73961	0.83430	0.66403	3.42100	0.14771	23.95668	0.29437	0.62353
Al ₂ O ₃ inC	1	114	0.04156	0.16099	0.08842	0.02294	0.98219	0.22647	1.30140	0.44926	0.08568
	2	124	0.05835	0.16055	0.09590	0.02463	1.06821	0.21737	0.16580	0.43147	0.09313
	3	18	0.07930	0.14168	0.10135	0.01839	0.81879	0.53628	-0.21088	1.03780	0.09987
	4	16	0.07611	0.12162	0.09485	0.01735	0.56642	0.56431	-1.44357	1.09077	0.09343
	Total	272	0.04156	0.16099	0.09307	0.02345	0.96194	0.14771	0.58919	0.29437	0.09037
CainC	1	114	0.05965	0.29114	0.18266	0.04334	-0.43008	0.22647	0.55003	0.44926	0.17660
	2	124	0.06999	0.23797	0.17058	0.04025	-0.54887	0.21737	-0.54097	0.43147	0.16510
	3	18	0.08928	0.22398	0.15434	0.03501	-0.00540	0.53628	-0.39564	1.03780	0.15040
	4	16	0.11982	0.22220	0.16719	0.03347	0.12652	0.56431	-1.48267	1.09077	0.16404
	Total	272	0.05965	0.29114	0.17437	0.04150	-0.35626	0.14771	-0.06320	0.29437	0.16872
NainC	1	114	0.00246	0.57063	0.09086	0.09965	2.53642	0.22647	7.74906	0.44926	0.05714
	2	124	0.01180	0.48081	0.12144	0.09914	1.33748	0.21737	1.50094	0.43147	0.08725
	3	18	0.01334	0.40730	0.14959	0.11107	0.87353	0.53628	0.04404	1.03780	0.10831
	4	16	0.01246	0.31692	0.13005	0.09575	0.73543	0.56431	-0.44314	1.09077	0.09352
	Total	272	0.00246	0.57063	0.11099	0.10112	1.67409	0.14771	3.06487	0.29437	0.07443
MginC	1	114	0.01432	0.08212	0.02857	0.01030	2.44194	0.22647	8.75867	0.44926	0.02720
	2	124	0.01614	0.07635	0.03213	0.01169	1.37889	0.21737	2.02533	0.43147	0.03035
	3	18	0.01793	0.05743	0.03559	0.01230	0.37510	0.53628	-0.93710	1.03780	0.03357
	4	16	0.01794	0.05586	0.03249	0.01148	0.63435	0.56431	-0.48906	1.09077	0.03067
	Total	272	0.01432	0.08212	0.03089	0.01130	1.57730	0.14771	3.10783	0.29437	0.02920
FeinC	1	114	0.02093	0.15171	0.05097	0.02141	1.20112	0.22647	3.13810	0.44926	0.04692
	2	124	0.02008	0.09313	0.04460	0.01485	0.77468	0.21737	0.68062	0.43147	0.04226
	3	18	0.02858	0.06691	0.04913	0.01171	-0.33752	0.53628	-0.59908	1.03780	0.04767
	4	16	0.02772	0.07340	0.04931	0.01545	0.03947	0.56431	-1.05236	1.09077	0.04690
	Total	272	0.02008	0.15171	0.04785	0.01795	1.19217	0.14771	3.53773	0.29437	0.04478
SO ₄ ²⁻ inC	1	114	0.08040	1.93367	0.51890	0.31879	1.62023	0.22647	4.31402	0.44926	0.43190
	2	124	0.07987	1.65803	0.51627	0.29236	1.21281	0.21737	1.78974	0.43147	0.44081
	3	18	0.18499	0.99839	0.56211	0.24849	0.22685	0.53628	-1.04262	1.03780	0.50565
	4	16	0.19896	1.27584	0.71834	0.33353	0.05974	0.56431	-0.96465	1.09077	0.63258
	Total	272	0.07987	1.93367	0.53229	0.30577	1.26624	0.14771	2.44141	0.29437	0.45051
LiinC	1	114	0.00000	0.00086	0.00005	0.00008	9.29427	0.22647	93.39900	0.44926	0.00004
	2	124	0.00000	0.00012	0.00004	0.00002	1.13274	0.21737	5.27435	0.43147	0.00004
	3	18	0.00002	0.00006	0.00004	0.00001	-0.28938	0.53628	0.02010	1.03780	0.00004
	4	16	0.00000	0.00009	0.00004	0.00002	0.66089	0.56431	5.54117	1.09077	0.00004
	Total	272	0.00000	0.00086	0.00005	0.00005	13.34391	0.14771	202.04407	0.29437	0.00004
PinC	1	114	0.00010	0.00742	0.00302	0.00136	0.71413	0.22647	1.20875	0.44926	0.00266
	2	124	0.00020	0.00867	0.00260	0.00133	1.31891	0.21737	3.90913	0.43147	0.00224
	3	18	0.00097	0.00681	0.00293	0.00146	0.97798	0.53628	1.54885	1.03780	0.00259
	4	16	0.00139	0.00658	0.00317	0.00161	1.04498	0.56431	0.65446	1.09077	0.00282
	Total	272	0.00010	0.00867	0.00284	0.00138	0.98874	0.14771	1.93300	0.29437	0.00247
TiinC	1	114	0.00149	0.00503	0.00281	0.00070	1.06902	0.22647	1.01444	0.44926	0.00274
	2	124	0.00180	0.00548	0.00280	0.00077	1.18790	0.21737	0.82264	0.43147	0.00270
	3	18	0.00180	0.00392	0.00281	0.00053	0.26673	0.53628	0.03276	1.03780	0.00277
	4	16	0.00211	0.00399	0.00280	0.00057	1.22791	0.56431	0.66064	1.09077	0.00275

5. Resultados

VinC	Total	272	0.00149	0.00548	0.00280	0.00071	1.11945	0.14771	0.93652	0.29437	0.00272
	1	114	0.00005	0.00314	0.00070	0.00054	1.86486	0.22647	4.68096	0.44926	0.00053
	2	124	0.00013	0.00609	0.00126	0.00123	2.18931	0.21737	5.13790	0.43147	0.00088
	3	18	0.00013	0.00167	0.00071	0.00046	0.90622	0.53628	0.03092	1.03780	0.00057
	4	16	0.00032	0.00394	0.00114	0.00088	2.35637	0.56431	6.77885	1.09077	0.00093
CuiC	Total	272	0.00005	0.00609	0.00098	0.00097	2.77629	0.14771	9.71456	0.29437	0.00069
	1	114	0.00001	0.00709	0.00167	0.00140	1.10402	0.22647	1.24165	0.44926	0.00092
	2	124	0.00001	0.01469	0.00137	0.00172	4.85241	0.21737	32.49592	0.43147	0.00072
	3	18	0.00017	0.00279	0.00127	0.00073	0.50684	0.53628	-0.45487	1.03780	0.00104
	4	16	0.00010	0.00439	0.00163	0.00111	0.96535	0.56431	1.23676	1.09077	0.00121
RbinC	Total	272	0.00001	0.01469	0.00150	0.00151	3.56972	0.14771	23.85254	0.29437	0.00084
	1	114	0.00005	0.00037	0.00009	0.00004	5.72004	0.22647	39.51408	0.44926	0.00009
	2	124	0.00006	0.00016	0.00008	0.00001	1.41723	0.21737	5.79110	0.43147	0.00008
	3	18	0.00006	0.00011	0.00008	0.00001	0.82473	0.53628	0.45991	1.03780	0.00008
	4	16	0.00007	0.00012	0.00009	0.00001	1.40233	0.56431	3.14190	1.09077	0.00009
SrinC	Total	272	0.00005	0.00037	0.00009	0.00003	6.84718	0.14771	66.59366	0.29437	0.00008
	1	114	0.00039	0.00127	0.00066	0.00012	1.23901	0.22647	4.49926	0.44926	0.00065
	2	124	0.00039	0.00124	0.00068	0.00015	0.92657	0.21737	1.49470	0.43147	0.00066
	3	18	0.00044	0.00083	0.00059	0.00010	0.71454	0.53628	0.68586	1.03780	0.00059
	4	16	0.00044	0.00094	0.00066	0.00014	0.23968	0.56431	-0.23187	1.09077	0.00065
YinC	Total	272	0.00039	0.00127	0.00067	0.00014	1.04165	0.14771	2.41250	0.29437	0.00065
	1	114	0.00000	0.00007	0.00002	0.00001	1.65769	0.22647	4.31988	0.44926	0.00001
	2	124	0.00000	0.00007	0.00002	0.00001	1.47512	0.21737	3.77658	0.43147	0.00001
	3	18	0.00000	0.00006	0.00003	0.00002	0.39169	0.53628	-0.79453	1.03780	0.00002
	4	16	0.00000	0.00007	0.00002	0.00002	1.42126	0.56431	2.30927	1.09077	0.00001
SbinC	Total	272	0.00000	0.00007	0.00002	0.00001	1.44432	0.14771	2.99075	0.29437	0.00001
	1	114	0.00002	0.00131	0.00033	0.00027	1.16285	0.22647	1.01913	0.44926	0.00022
	2	124	0.00001	0.00394	0.00025	0.00038	7.89726	0.21737	76.53319	0.43147	0.00016
	3	18	0.00005	0.00075	0.00026	0.00018	1.24509	0.53628	1.71460	1.03780	0.00021
	4	16	0.00008	0.00059	0.00029	0.00016	0.26072	0.56431	-1.28808	1.09077	0.00025
CsinC	Total	272	0.00001	0.00394	0.00029	0.00032	6.15759	0.14771	65.06676	0.29437	0.00019
	1	114	0.00000	0.00005	0.00001	0.00000	5.65001	0.22647	42.72062	0.44926	0.00001
	2	124	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	-0.65253	0.21737	1.21603	0.43147	0.00001
	3	18	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	-1.29452	0.53628	1.75188	1.03780	0.00001
	4	16	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.13563	0.56431	0.11063	1.09077	0.00001
LainC	Total	272	0.00000	0.00005	0.00001	0.00000	6.46112	0.14771	69.80855	0.29437	0.00001
	1	114	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	0.29750	0.22647	-0.15917	0.44926	0.00002
	2	124	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	-0.06431	0.21737	0.09101	0.43147	0.00003
	3	18	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	-0.77547	0.53628	-0.63744	1.03780	0.00002
	4	16	0.00001	0.00005	0.00003	0.00001	0.24768	0.56431	-0.44034	1.09077	0.00003
CeinC	Total	272	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	0.03269	0.14771	-0.14090	0.29437	0.00002
	1	114	0.00000	0.00012	0.00005	0.00002	0.17265	0.22647	0.38120	0.44926	0.00005
	2	124	0.00000	0.00013	0.00005	0.00002	0.00394	0.21737	0.39675	0.43147	0.00005
	3	18	0.00000	0.00008	0.00005	0.00003	-0.59700	0.53628	-0.79546	1.03780	0.00003
	4	16	0.00000	0.00009	0.00005	0.00002	-0.70273	0.56431	1.09344	1.09077	0.00004
PrinC	Total	272	0.00000	0.00013	0.00005	0.00002	-0.03862	0.14771	0.30570	0.29437	0.00004
	1	114	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	1.20816	0.22647	2.77322	0.44926	0.00000
	2	124	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.50667	0.21737	0.81264	0.43147	0.00001
	3	18	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.55999	0.53628	0.87105	1.03780	0.00000
	4	16	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	1.73009	0.56431	2.18158	1.09077	0.00000
NdinC	Total	272	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	1.59834	0.14771	5.64125	0.29437	0.00000
	1	114	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	0.30413	0.22647	-0.05632	0.44926	0.00002

5. Resultados

ThinC	2	124	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.22032	0.21737	-0.44851	0.43147	0.00002
	3	18	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	-0.27695	0.53628	-0.91604	1.03780	0.00001
	4	16	0.00000	0.00006	0.00003	0.00001	0.37969	0.56431	-0.09349	1.09077	0.00002
	Total	272	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	0.07705	0.14771	-0.25435	0.29437	0.00002
	1	114	0.00000	0.00005	0.00001	0.00001	1.75520	0.22647	5.19715	0.44926	0.00000
	2	124	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	3.71551	0.21737	25.99872	0.43147	0.00001
	3	18	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.93786	0.53628	2.11016	1.03780	0.00000
	4	16	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.01589	0.56431	-0.62192	1.09077	0.00001
	Total	272	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	2.55210	0.14771	14.21184	0.29437	0.00000
	1	114	0.00000	0.00150	0.00014	0.00027	2.79041	0.22647	8.89036	0.44926	0.00000
	2	124	0.00000	0.00086	0.00012	0.00020	2.04756	0.21737	3.99584	0.43147	0.00000
	3	18	0.00000	0.00097	0.00009	0.00025	3.03256	0.53628	9.19358	1.03780	0.00000
	4	16	0.00000	0.00080	0.00017	0.00024	1.47425	0.56431	1.65867	1.09077	0.00000
	Total	272	0.00000	0.00150	0.00013	0.00024	2.61044	0.14771	8.18030	0.29437	0.00000

c) Fracción PM₁₀, segmentando por la estación de muestreo (Estac.). 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana.

	Estac.	Viento	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀	1	1	270	8.59852	84.26253	37.70169	14.49875	0.51420	0.14825	0.01801	0.29544	34.82048
		2	211	8.40203	340.34211	40.76352	26.17656	7.61016	0.16745	82.56926	0.33337	36.96003
		3	51	11.26842	77.84391	34.99532	12.09914	0.89478	0.33346	2.47409	0.65592	32.91844
		4	27	17.53830	81.62618	39.00297	15.03595	1.42014	0.44785	2.13422	0.87207	36.63166
		Total	559	8.40203	340.34211	38.67335	19.65241	7.02957	0.10333	100.08471	0.20629	35.51796
	2	1	333	9.66270	109.93906	30.90528	10.98140	1.75092	0.13363	8.15630	0.26648	29.20296
		2	290	14.64198	104.02454	36.22765	11.93039	1.64962	0.14310	5.64750	0.28525	34.53690
		3	106	8.23065	58.04149	27.96332	9.35374	0.56889	0.23464	0.49162	0.46520	26.37830
		4	42	8.59671	72.37348	36.63081	16.05101	0.69643	0.36536	-0.32508	0.71663	33.26170
		Total	771	8.23065	109.93906	32.81463	11.87703	1.48290	0.08805	5.16739	0.17586	30.89125
	3	1	41	14.00000	114.00000	40.14634	18.34743	1.68768	0.36950	5.50254	0.72448	36.54524
		2	42	15.00000	122.00000	52.71429	23.13828	1.16697	0.36536	1.64315	0.71663	48.22799
		3	3	34.00000	40.00000	36.33333	3.21455	1.54539	1.22474	.	.	36.24118
		4	6	25.00000	51.00000	36.00000	11.13553	0.44322	0.84515	-2.04690	1.74078	34.60407
		Total	92	14.00000	122.00000	45.48913	21.02092	1.45975	0.25134	2.98175	0.49771	41.32026
PM ₁₀ M	1	1	46	18.97670	86.88681	45.43115	15.17818	0.28367	0.35010	-0.23982	0.68763	42.83765
		2	44	20.12540	76.85554	49.81085	11.87923	-0.20480	0.35748	0.02111	0.70168	48.26047
		3	3	35.07959	45.80930	41.46552	5.64885	-1.41421	1.22474	.	.	41.19628
		4	5	19.02177	54.83869	40.19501	14.62889	-0.55681	0.91287	-0.45109	2.00000	37.65788
		Total	98	18.97670	86.88681	47.00900	13.67483	0.02599	0.24376	-0.17810	0.48296	44.84277
	2	1	27	16.34058	54.01786	33.04247	9.85286	0.30955	0.44785	-0.44677	0.87207	31.59635
		2	38	18.74285	53.71218	34.70389	8.55875	0.35049	0.38282	-0.20393	0.74970	33.66869
		3	12	26.02369	49.41119	35.26649	8.49226	0.72580	0.63730	-1.00917	1.23225	34.39055
		4	5	34.35984	71.61278	52.31739	16.44278	0.11247	0.91287	-2.57885	2.00000	50.20780
		Total	82	16.34058	71.61278	35.31316	10.36864	0.87720	0.26572	1.34803	0.52562	33.89005
	3	1	41	14.00000	114.00000	40.14634	18.34743	1.68768	0.36950	5.50254	0.72448	36.54524
		2	42	15.00000	122.00000	52.71429	23.13828	1.16697	0.36536	1.64315	0.71663	48.22799
		3	3	34.00000	40.00000	36.33333	3.21455	1.54539	1.22474	.	.	36.24118
		4	6	25.00000	51.00000	36.00000	11.13553	0.44322	0.84515	-2.04690	1.74078	34.60407
		Total	92	14.00000	122.00000	45.48913	21.02092	1.45975	0.25134	2.98175	0.49771	41.32026
OM+EC	1	1	46	3.64007	26.33766	12.98496	5.83788	0.58423	0.35010	-0.51355	0.68763	11.69896
		2	44	3.92306	17.05385	9.70918	3.09448	0.54492	0.35748	-0.21946	0.70168	9.23224
		3	3	9.32851	14.45322	12.63962	2.87185	-1.70847	1.22474	.	.	12.39879

5. Resultados

		4	5	4.96574	13.34975	8.62558	3.02922	0.83089	0.91287	2.07198	2.00000	8.21144
		Total	98	3.64007	26.33766	11.28121	4.84998	1.04580	0.24376	0.85231	0.48296	10.34912
	2	1	27	3.26906	11.18737	6.79180	2.05904	0.38965	0.44785	-0.74320	0.87207	6.49114
		2	38	3.59847	10.64070	5.71420	1.40712	1.76599	0.38282	4.89724	0.74970	5.56997
		3	12	3.35968	5.81219	5.25220	0.89297	-1.32868	0.63730	0.37754	1.23225	5.17105
		4	5	3.91975	8.89539	6.05035	1.78912	0.96885	0.91287	2.50800	2.00000	5.84910
		Total	82	3.26906	11.18737	6.02191	1.69159	1.13080	0.26572	1.16389	0.52562	5.81180
	3	1	41	0.50000	12.54212	4.56078	2.65974	1.01396	0.36950	0.91243	0.72448	3.80945
		2	42	0.60000	11.01563	4.79565	2.27832	0.79607	0.36536	1.05784	0.71663	4.21767
		3	3	2.67737	3.97563	3.42310	0.67035	-1.18924	1.22474	.	.	3.37645
		4	6	2.17113	9.93716	5.01345	2.75894	1.24633	0.84515	1.85841	1.74078	4.44894
		Total	92	0.50000	12.54212	4.66043	2.43884	0.94000	0.25134	0.89173	0.49771	4.01543
Al ₂ O ₃	1	1	46	0.08088	6.01427	0.99101	1.00489	3.69401	0.35010	15.62102	0.68763	0.75823
		2	44	0.32710	5.16455	1.12666	1.06722	2.56988	0.35748	6.69684	0.70168	0.86677
		3	3	0.75214	0.94154	0.85479	0.09570	-0.72754	1.22474	.	.	0.85114
		4	5	0.28396	0.70641	0.57105	0.16897	-1.70638	0.91287	3.17162	2.00000	0.54444
		Total	98	0.08088	6.01427	1.02632	0.99573	3.18585	0.24376	11.07075	0.48296	0.79449
	2	1	27	0.23222	2.61278	0.91386	0.55760	1.44884	0.44785	2.40244	0.87207	0.77364
		2	38	0.33363	4.82886	1.05120	0.85871	2.96929	0.38282	10.25235	0.74970	0.86764
		3	12	0.41752	2.29460	0.95759	0.50269	1.74925	0.63730	4.35940	1.23225	0.85910
		4	5	0.42489	2.37612	1.03100	0.80776	1.59003	0.91287	2.31397	2.00000	0.83195
		Total	82	0.23222	4.82886	0.99105	0.71212	2.77106	0.26572	10.56121	0.52562	0.83215
	3	1	41	0.13373	12.02533	1.39021	1.99347	4.29679	0.36950	21.15091	0.72448	0.89008
		2	42	0.25853	11.47501	2.34582	2.45713	2.25897	0.36536	5.46236	0.71663	1.58760
		3	3	0.71000	1.78381	1.26262	0.53759	-0.26225	1.22474	.	.	1.17902
		4	6	0.43453	1.28622	0.81836	0.34306	0.17195	0.84515	-1.90809	1.74078	0.75603
		Total	92	0.13373	12.02533	1.78501	2.18307	3.05372	0.25134	10.33814	0.49771	1.15749
K	1	1	46	0.10162	1.20409	0.35231	0.20893	2.10153	0.35010	5.68865	0.68763	0.30819
		2	44	0.15025	0.98402	0.34389	0.18887	1.90906	0.35748	4.14298	0.70168	0.30665
		3	3	0.23878	0.38028	0.31249	0.07093	-0.37264	1.22474	.	.	0.30692
		4	5	0.17600	0.21862	0.19857	0.01631	-0.34936	0.91287	-0.39208	2.00000	0.19803
		Total	98	0.10162	1.20409	0.33947	0.19316	2.09343	0.24376	5.36802	0.48296	0.30060
	2	1	27	0.14921	0.83452	0.35899	0.15965	1.18773	0.44785	1.70498	0.87207	0.32863
		2	38	0.14000	0.93472	0.34056	0.16156	1.78487	0.38282	4.06636	0.74970	0.31147
		3	12	0.18643	0.54431	0.30297	0.09752	1.33629	0.63730	2.55137	1.23225	0.29035
		4	5	0.27859	0.63974	0.39181	0.14338	1.87605	0.91287	3.76568	2.00000	0.37467
		Total	82	0.14000	0.93472	0.34425	0.15127	1.54271	0.26572	2.97301	0.52562	0.31733
	3	1	41	0.11298	2.22323	0.45650	0.37258	3.15006	0.36950	12.53987	0.72448	0.37460
		2	42	0.14288	2.13438	0.61240	0.43167	2.01285	0.36536	4.67506	0.71663	0.50580
		3	3	0.29990	0.52547	0.43348	0.11840	-1.38586	1.22474	.	.	0.42147
		4	6	0.15580	0.54759	0.36287	0.18284	-0.20733	0.84515	-2.56324	1.74078	0.31839
		Total	92	0.11298	2.22323	0.52082	0.39338	2.48231	0.25134	7.42631	0.49771	0.42674
Na	1	1	46	0.06279	2.63654	0.58965	0.51740	2.11822	0.35010	5.17359	0.68763	0.43760
		2	44	0.28929	2.77306	1.05078	0.58459	0.85727	0.35748	0.26856	0.70168	0.90034
		3	3	0.31662	1.08031	0.67930	0.38328	0.44551	1.22474	.	.	0.60299
		4	5	0.21065	1.86099	0.69979	0.67595	1.82217	0.91287	3.48248	2.00000	0.50647
		Total	98	0.06279	2.77306	0.80505	0.58993	1.20811	0.24376	1.01650	0.48296	0.61554
	2	1	27	0.23250	2.24777	0.87204	0.62594	0.89392	0.44785	-0.43098	0.87207	0.67653
		2	38	0.21034	4.20797	1.63396	1.16309	0.67378	0.38282	-0.70280	0.74970	1.21309
		3	12	0.21407	2.81850	1.40268	0.79979	0.38631	0.63730	-0.32097	1.23225	1.13688
		4	5	0.43486	2.69312	1.42667	0.83637	0.70447	0.91287	1.12402	2.00000	1.21403
		Total	82	0.21034	4.20797	1.33660	0.98979	0.99368	0.26572	0.30140	0.52562	0.99148
	3	1	41	0.00703	5.29011	0.95017	1.00177	2.59031	0.36950	8.38139	0.72448	0.58412
		2	42	0.12939	3.80052	1.24974	0.88559	0.83158	0.36536	0.28332	0.71663	0.92929

5. Resultados

Mg	1	3	3	0.21768	3.01910	1.42816	1.43894	1.10661	1.22474	.	.	0.88304
		4	6	0.20490	2.10662	0.76846	0.68393	2.00468	0.84515	4.42598	1.74078	0.58748
		Total	92	0.00703	5.29011	1.09067	0.94702	1.67041	0.25134	3.67449	0.49771	0.73210
		1	46	0.03460	0.86780	0.29237	0.16455	1.94392	0.35010	5.03067	0.68763	0.25462
		2	44	0.13179	0.93816	0.33033	0.14458	2.12629	0.35748	7.01553	0.70168	0.30606
		3	3	0.25132	0.30387	0.27894	0.02638	-0.45433	1.22474	.	.	0.27810
	2	4	5	0.08495	0.35243	0.20283	0.09601	0.79901	0.91287	2.21176	2.00000	0.18418
		Total	98	0.03460	0.93816	0.30443	0.15215	1.93650	0.24376	5.54419	0.48296	0.27275
		1	27	0.12434	0.47351	0.27189	0.10255	0.66498	0.44785	-0.56314	0.87207	0.25426
		2	38	0.13777	0.91416	0.38946	0.18295	0.75790	0.38282	0.30218	0.74970	0.34894
		3	12	0.07384	0.59363	0.32734	0.13437	0.15629	0.63730	0.81219	1.23225	0.29523
		4	5	0.16376	0.67049	0.34521	0.19137	1.66354	0.91287	3.47069	2.00000	0.31015
Mg _{sol}	3	Total	82	0.07384	0.91416	0.33896	0.16013	1.03714	0.26572	1.13875	0.52562	0.30461
		1	41	0.06015	1.52689	0.32830	0.28375	2.99009	0.36950	10.29499	0.72448	0.25940
		2	42	0.06675	1.58989	0.48393	0.33545	1.80025	0.36536	3.87257	0.71663	0.39343
		3	3	0.30375	0.42571	0.37705	0.06461	-1.46671	1.22474	.	.	0.37312
		4	6	0.13323	0.33665	0.23075	0.08547	0.41692	0.84515	-1.76738	1.74078	0.21770
		Total	92	0.06015	1.58989	0.39458	0.30664	2.26863	0.25134	5.90720	0.49771	0.31386
	2	1	27	0.10820	0.25692	0.17175	0.03819	0.10624	0.44785	-0.39202	0.87207	0.16754
		2	38	0.09891	0.47619	0.22489	0.08857	1.54237	0.38282	1.76958	0.74970	0.21134
		3	12	0.17981	0.28547	0.20632	0.03444	2.00651	0.63730	2.67569	1.23225	0.20408
		4	5	0.13399	0.25631	0.19420	0.04325	0.10978	0.91287	2.00643	2.00000	0.19023
		Total	82	0.09891	0.47619	0.20280	0.06973	2.00538	0.26572	4.97011	0.52562	0.19353
		1	46	0.11912	2.08100	0.63290	0.38924	1.89890	0.35010	4.30749	0.68763	0.54333
Fe	1	2	44	0.16142	1.74953	0.55708	0.34900	1.91401	0.35748	3.82814	0.70168	0.48126
		3	3	0.45872	0.69221	0.59420	0.12117	-1.25834	1.22474	.	.	0.58536
		4	5	0.17067	0.65104	0.41329	0.17142	-0.06911	0.91287	1.64389	2.00000	0.37965
		Total	98	0.11912	2.08100	0.58647	0.35883	1.95038	0.24376	4.41909	0.48296	0.50636
	2	1	27	0.18715	1.04924	0.54810	0.21548	0.23831	0.44785	-0.24367	0.87207	0.50310
		2	38	0.24032	1.76792	0.52442	0.30094	2.41746	0.38282	7.32395	0.74970	0.46883
		3	12	0.20594	0.78080	0.44160	0.16770	0.52206	0.63730	-0.09495	1.23225	0.41233
		4	5	0.32516	0.84293	0.50499	0.20620	1.44790	0.91287	1.93471	2.00000	0.47612
		Total	82	0.18715	1.76792	0.51891	0.25177	1.98013	0.26572	6.71865	0.52562	0.47136
	3	1	41	0.05709	3.68267	0.46407	0.59941	4.32255	0.36950	21.64250	0.72448	0.32188
		2	42	0.09370	3.48059	0.70471	0.71238	2.46660	0.36536	6.81923	0.71663	0.49805
		3	3	0.21454	0.55774	0.41290	0.17775	-1.23207	1.22474	.	.	0.38215
		4	6	0.16314	0.51078	0.28216	0.13354	1.07547	0.84515	0.62910	1.74078	0.25867
		Total	92	0.05709	3.68267	0.56039	0.63865	3.23211	0.25134	11.87251	0.49771	0.38947
		1	46	1.43875	11.03921	4.71303	2.21501	0.63299	0.35010	0.15469	0.68763	4.19312
SO ₄ ²⁻	1	2	44	1.96110	12.30071	5.97433	2.56627	0.67107	0.35748	0.02483	0.70168	5.43822
		3	3	3.54876	8.72463	6.05350	2.59194	0.28767	1.22474	.	.	5.66990
		4	5	2.57862	5.65307	4.60486	1.22907	-1.50508	0.91287	2.06044	2.00000	4.44139
		Total	98	1.43875	12.30071	5.31484	2.41003	0.70583	0.24376	0.28773	0.48296	4.77003
	2	1	27	0.90800	12.54034	5.06350	2.62047	0.85891	0.44785	1.00168	0.87207	4.40001
		2	38	1.82309	9.42360	5.14440	2.03950	0.12406	0.38282	-0.87964	0.74970	4.70968
		3	12	1.32372	7.60509	4.80531	1.88120	-0.24297	0.63730	-0.23762	1.23225	4.37262
		4	5	5.39638	7.56705	6.60811	0.86531	-0.47824	0.91287	-0.86666	2.00000	6.56121
		Total	82	0.90800	12.54034	5.15739	2.18474	0.39287	0.26572	0.29202	0.52562	4.64864
		3	41	1.02181	9.04199	4.23576	1.96606	0.32974	0.36950	-0.45808	0.72448	3.73502
NO ₃ ⁻	1	2	42	1.46101	14.33926	5.73854	3.13707	0.98747	0.36536	0.68981	0.71663	4.94141
		3	3	3.01882	6.65073	4.67816	1.83610	0.74532	1.22474	.	.	4.44182
		4	6	3.01098	4.83004	3.91852	0.74671	0.17175	0.84515	-1.84028	1.74078	3.85918
		Total	92	1.02181	14.33926	4.91555	2.61265	1.23542	0.25134	2.10977	0.49771	4.27728
	1	1	46	0.11748	8.38441	2.72453	2.23098	1.19277	0.35010	0.32960	0.68763	1.92851

5. Resultados

NH ₄ ⁺	2	2	44	0.59085	7.37974	2.82670	1.90926	0.95451	0.35748	-0.19093	0.70168	2.26030
		3	3	1.00859	1.62323	1.24889	0.32851	1.53044	1.22474	.	.	1.22209
		4	5	0.96434	3.99872	1.89033	1.21661	1.90488	0.91287	3.80738	2.00000	1.65723
		Total	98	0.11748	8.38441	2.68267	2.02347	1.16953	0.24376	0.35146	0.48296	2.02653
		1	27	1.26290	6.91500	2.78763	1.37744	1.95162	0.44785	4.11142	0.87207	2.54221
		2	38	0.89209	5.16968	2.83721	1.06495	0.44576	0.38282	-0.26397	0.74970	2.63314
		3	12	1.65316	2.62393	2.38351	0.34718	-1.22039	0.63730	0.02536	1.23225	2.35745
		4	5	2.60178	7.19218	3.81895	1.99378	1.73461	0.91287	2.76335	2.00000	3.49167
		Total	82	0.89209	7.19218	2.81435	1.19584	1.65333	0.26572	3.64523	0.52562	2.60551
	3	1	41	0.51000	8.33000	3.21585	2.12678	0.96136	0.36950	0.15248	0.72448	2.56175
		2	42	0.42000	11.18000	4.27643	2.63182	1.01212	0.36536	0.57805	0.71663	3.50167
		3	3	1.76000	3.31000	2.28333	0.88918	1.73107	1.22474	.	.	2.18065
		4	6	2.13000	3.82000	2.84167	0.59395	0.69669	0.84515	0.61842	1.74078	2.79174
		Total	92	0.42000	11.18000	3.64522	2.34870	1.18281	0.25134	1.14115	0.49771	2.95569
	1	1	46	0.04473	2.52241	1.13418	0.64259	0.41668	0.35010	-0.59063	0.68763	0.89937
		2	44	0.27711	4.65203	1.43514	0.95417	1.73506	0.35748	3.84069	0.70168	1.17928
		3	3	0.67061	1.64631	1.12562	0.49116	0.59113	1.22474	.	.	1.05379
		4	5	0.67527	1.85205	1.26261	0.53020	-0.24850	0.91287	-2.72783	2.00000	1.16376
		Total	98	0.04473	4.65203	1.27559	0.79590	1.61181	0.24376	4.61351	0.48296	1.03417
	2	1	27	0.59677	2.96460	1.50608	0.66649	0.66640	0.44785	-0.00613	0.87207	1.36437
		2	38	0.32497	2.54263	1.38093	0.46912	-0.02382	0.38282	0.71323	0.74970	1.28461
		3	12	1.16910	1.54183	1.35018	0.10194	-0.17117	0.63730	0.91765	1.23225	1.34660
		4	5	1.34753	3.65774	1.96130	1.00362	1.72766	0.91287	2.72939	2.00000	1.79914
		Total	82	0.32497	3.65774	1.45303	0.56139	1.12092	0.26572	2.92187	0.52562	1.34679
	3	1	41	0.21000	3.84000	1.51878	0.92380	0.90903	0.36950	0.66777	0.72448	1.22990
		2	42	0.46000	7.27000	1.78571	1.62658	2.26218	0.36536	5.02652	0.71663	1.34279
		3	3	0.83000	1.02000	0.91667	0.09609	0.75704	1.22474	.	.	0.91336
		4	6	0.38000	5.49000	2.10167	1.81291	1.57556	0.84515	3.07803	1.74078	1.51848
		Total	92	0.21000	7.27000	1.65902	1.33989	2.27238	0.25134	6.21131	0.49771	1.28539
Li	1	1	46	0.00005	0.00131	0.00041	0.00026	0.95689	0.35010	1.92681	0.68763	0.00032
		2	44	0.00005	0.00112	0.00047	0.00024	0.81138	0.35748	0.56248	0.70168	0.00041
		3	3	0.00023	0.00058	0.00042	0.00018	-0.59396	1.22474	.	.	0.00039
		4	5	0.00031	0.00035	0.00033	0.00002	-0.37156	0.91287	-2.87739	2.00000	0.00033
		Total	98	0.00005	0.00131	0.00044	0.00024	0.91786	0.24376	1.37527	0.48296	0.00036
	2	1	27	0.00014	0.00096	0.00039	0.00019	1.12521	0.44785	1.67572	0.87207	0.00035
		2	38	0.00017	0.00157	0.00044	0.00028	2.52555	0.38282	7.32720	0.74970	0.00039
		3	12	0.00011	0.00096	0.00038	0.00021	1.90917	0.63730	5.33829	1.23225	0.00034
		4	5	0.00022	0.00087	0.00040	0.00027	2.00869	0.91287	4.10189	2.00000	0.00034
		Total	82	0.00011	0.00157	0.00041	0.00024	2.30120	0.26572	7.13943	0.52562	0.00036
	3	1	41	0.00004	0.00555	0.00070	0.00105	3.62964	0.36950	13.94914	0.72448	0.00040
		2	42	0.00004	0.00418	0.00079	0.00083	2.37610	0.36536	6.96440	0.71663	0.00050
		3	3	0.00029	0.00069	0.00056	0.00023	-1.73059	1.22474	.	.	0.00052
		4	6	0.00004	0.00047	0.00024	0.00016	0.33856	0.84515	-1.14589	1.74078	0.00019
		Total	92	0.00004	0.00555	0.00071	0.00090	3.33296	0.25134	12.91921	0.49771	0.00042
Ti	1	1	46	0.00206	0.17080	0.03117	0.02811	3.51935	0.35010	14.83981	0.68763	0.02449
		2	44	0.00781	0.14296	0.03300	0.03004	2.45405	0.35748	6.07226	0.70168	0.02559
		3	3	0.02374	0.03194	0.02832	0.00418	-0.98579	1.22474	.	.	0.02811
		4	5	0.00867	0.02179	0.01798	0.00534	-1.96470	0.91287	3.98854	2.00000	0.01710
		Total	98	0.00206	0.17080	0.03123	0.02791	3.03937	0.24376	10.39967	0.48296	0.02463
	2	1	27	0.00930	0.08414	0.02827	0.01640	1.76478	0.44785	4.18311	0.87207	0.02462
		2	38	0.01106	0.15116	0.03097	0.02593	3.33301	0.38282	12.84151	0.74970	0.02580
		3	12	0.00905	0.06352	0.02549	0.01399	1.86215	0.63730	5.09000	1.23225	0.02262
		4	5	0.01422	0.05474	0.02690	0.01652	1.67995	0.91287	2.72045	2.00000	0.02371
		Total	82	0.00905	0.15116	0.02903	0.02092	3.30086	0.26572	14.82053	0.52562	0.02479

5. Resultados

V	3	1	41	0.00337	0.34923	0.04192	0.05771	4.30068	0.36950	21.10997	0.72448	0.02813
		2	42	0.00659	0.32543	0.06522	0.06955	2.47053	0.36536	6.65971	0.71663	0.04437
		3	3	0.01927	0.04616	0.03595	0.01456	-1.60310	1.22474	.	.	0.03354
		4	6	0.01510	0.03472	0.02281	0.00800	0.51269	0.84515	-1.51018	1.74078	0.02168
		Total	92	0.00337	0.34923	0.05112	0.06198	3.23190	0.25134	11.59612	0.49771	0.03425
	1	1	46	0.00091	0.04463	0.00706	0.00760	3.06307	0.35010	12.73708	0.68763	0.00475
		2	44	0.00164	0.04655	0.01470	0.01194	1.24786	0.35748	0.77403	0.70168	0.01065
		3	3	0.00567	0.01731	0.00997	0.00638	1.65388	1.22474	.	.	0.00880
		4	5	0.00238	0.01562	0.00645	0.00537	1.76405	0.91287	3.29501	2.00000	0.00509
		Total	98	0.00091	0.04655	0.01055	0.01032	1.86183	0.24376	3.31440	0.48296	0.00698
	2	1	27	0.00145	0.02821	0.00945	0.00733	1.16395	0.44785	0.57855	0.87207	0.00706
		2	38	0.00214	0.04568	0.01454	0.01193	1.09027	0.38282	0.26488	0.74970	0.01033
		3	12	0.00121	0.01484	0.00638	0.00446	0.59375	0.63730	-0.71828	1.23225	0.00479
		4	5	0.00619	0.03074	0.01498	0.00987	1.29706	0.91287	1.11285	2.00000	0.01274
		Total	82	0.00121	0.04568	0.01169	0.01001	1.44328	0.26572	1.66465	0.52562	0.00825
Cr	3	1	41	0.00023	0.02880	0.00594	0.00522	2.48234	0.36950	8.55671	0.72448	0.00422
		2	42	0.00153	0.03328	0.01231	0.00852	0.76216	0.36536	-0.05158	0.71663	0.00921
		3	3	0.00304	0.00646	0.00443	0.00180	1.40331	1.22474	.	.	0.00421
		4	6	0.00325	0.01182	0.00620	0.00321	1.22797	0.84515	1.18096	1.74078	0.00559
		Total	92	0.00023	0.03328	0.00881	0.00747	1.44980	0.25134	1.74098	0.49771	0.00614
	1	1	46	0.00001	0.00729	0.00247	0.00163	1.00158	0.35010	1.17679	0.68763	0.00170
		2	44	0.00001	0.04390	0.00352	0.00651	5.78942	0.35748	36.31335	0.70168	0.00155
		3	3	0.00106	0.00276	0.00194	0.00085	-0.25550	1.22474	.	.	0.00180
		4	5	0.00050	0.00455	0.00250	0.00163	-0.09983	0.91287	-1.49414	2.00000	0.00194
		Total	98	0.00001	0.04390	0.00293	0.00452	7.83784	0.24376	70.84560	0.48296	0.00165
	2	1	27	0.00046	0.00352	0.00192	0.00075	-0.06052	0.44785	-0.11900	0.87207	0.00175
		2	38	0.00046	0.00457	0.00184	0.00083	1.01721	0.38282	1.85701	0.74970	0.00167
		3	12	0.00051	0.00343	0.00161	0.00090	1.12280	0.63730	0.11226	1.23225	0.00142
		4	5	0.00082	0.00252	0.00153	0.00066	0.73561	0.91287	0.39801	2.00000	0.00142
		Total	82	0.00046	0.00457	0.00182	0.00080	0.66747	0.26572	0.59332	0.52562	0.00164
Mn	3	1	41	0.00010	0.00934	0.00191	0.00187	2.81664	0.36950	8.82414	0.72448	0.00137
		2	42	0.00077	0.00807	0.00287	0.00158	1.56621	0.36536	3.59245	0.71663	0.00250
		3	3	0.00117	0.00226	0.00161	0.00058	1.41780	1.22474	.	.	0.00155
		4	6	0.00103	0.00353	0.00206	0.00089	0.83798	0.84515	0.48302	1.74078	0.00191
		Total	92	0.00010	0.00934	0.00234	0.00172	2.03567	0.25134	5.28031	0.49771	0.00185
	1	1	46	0.00249	0.05787	0.01359	0.00972	2.54573	0.35010	9.12061	0.68763	0.01127
		2	44	0.00335	0.03051	0.01124	0.00608	1.30388	0.35748	1.44428	0.70168	0.00990
		3	3	0.01026	0.01539	0.01223	0.00277	1.57794	1.22474	.	.	0.01204
		4	5	0.00378	0.01370	0.00807	0.00357	0.91193	0.91287	2.38529	2.00000	0.00744
		Total	98	0.00249	0.05787	0.01221	0.00794	2.61959	0.24376	11.06960	0.48296	0.01043
	2	1	27	0.00415	0.01980	0.01093	0.00431	0.39945	0.44785	-0.47599	0.87207	0.01008
		2	38	0.00528	0.03436	0.01077	0.00638	2.64179	0.38282	7.72869	0.74970	0.00963
		3	12	0.00403	0.01814	0.00930	0.00414	0.83025	0.63730	0.41103	1.23225	0.00849
		4	5	0.00801	0.01795	0.01235	0.00505	0.56462	0.91287	-3.26548	2.00000	0.01156
		Total	82	0.00403	0.03436	0.01070	0.00535	2.13634	0.26572	6.83824	0.52562	0.00971
Co	3	1	41	0.00149	0.06225	0.01011	0.01016	3.70533	0.36950	17.48323	0.72448	0.00751
		2	42	0.00169	0.06285	0.01434	0.01228	2.28470	0.36536	6.29930	0.71663	0.01090
		3	3	0.00564	0.01367	0.00960	0.00402	0.12177	1.22474	.	.	0.00901
		4	6	0.00359	0.01156	0.00660	0.00282	1.06663	0.84515	1.72857	1.74078	0.00614
		Total	92	0.00149	0.06285	0.01180	0.01097	2.87893	0.25134	10.10268	0.49771	0.00884
	1	1	46	0.00003	0.00131	0.00030	0.00024	2.14970	0.35010	5.91964	0.68763	0.00023
		2	44	0.00007	0.00111	0.00036	0.00024	1.45596	0.35748	1.97220	0.70168	0.00030
		3	3	0.00012	0.00067	0.00032	0.00030	1.69422	1.22474	.	.	0.00024
		4	5	0.00004	0.00044	0.00022	0.00015	0.57364	0.91287	0.98852	2.00000	0.00017

5. Resultados

Ni	2	Total	98	0.00003	0.00131	0.00033	0.00024	1.72590	0.24376	3.47766	0.48296	0.00026
		1	27	0.00000	0.00046	0.00015	0.00011	0.93540	0.44785	0.78605	0.87207	0.00010
		2	38	0.00004	0.00057	0.00018	0.00011	1.50230	0.38282	3.39014	0.74970	0.00016
		3	12	0.00004	0.00036	0.00015	0.00008	1.51754	0.63730	4.18386	1.23225	0.00013
	3	4	5	0.00004	0.00030	0.00017	0.00011	-0.10473	0.91287	-2.03178	2.00000	0.00014
		Total	82	0.00000	0.00057	0.00017	0.00011	1.16154	0.26572	2.04420	0.52562	0.00013
		1	41	0.00001	0.00174	0.00025	0.00028	3.87939	0.36950	19.56381	0.72448	0.00016
		2	42	0.00003	0.00182	0.00037	0.00033	2.53150	0.36536	8.26003	0.71663	0.00028
	1	3	3	0.00001	0.00029	0.00014	0.00014	0.67433	1.22474	.	.	0.00008
		4	6	0.00007	0.00021	0.00014	0.00006	0.25182	0.84515	-1.97415	1.74078	0.00013
		Total	92	0.00001	0.00182	0.00030	0.00030	3.05402	0.25134	11.89419	0.49771	0.00020
		1	46	0.00076	0.02141	0.00497	0.00419	2.25009	0.35010	6.31250	0.68763	0.00374
	2	2	44	0.00158	0.02764	0.00879	0.00711	1.30805	0.35748	0.99275	0.70168	0.00649
		3	3	0.00314	0.01475	0.00703	0.00669	1.73193	1.22474	.	.	0.00528
		4	5	0.00041	0.01002	0.00405	0.00373	1.17944	0.91287	1.61605	2.00000	0.00254
		Total	98	0.00041	0.02764	0.00671	0.00598	1.77435	0.24376	2.97016	0.48296	0.00475
Cu	2	1	27	0.00031	0.01301	0.00392	0.00310	1.18232	0.44785	1.27401	0.87207	0.00279
		2	38	0.00019	0.01807	0.00586	0.00498	0.99812	0.38282	0.11732	0.74970	0.00361
		3	12	0.00019	0.00606	0.00249	0.00209	0.43966	0.63730	-1.21522	1.23225	0.00142
		4	5	0.00213	0.01147	0.00615	0.00354	0.77160	0.91287	0.56011	2.00000	0.00531
	3	Total	82	0.00019	0.01807	0.00474	0.00416	1.32393	0.26572	1.43471	0.52562	0.00296
		1	41	0.00041	0.01290	0.00320	0.00257	1.84215	0.36950	4.31662	0.72448	0.00241
		2	42	0.00032	0.01996	0.00627	0.00475	1.25681	0.36536	1.35772	0.71663	0.00455
		3	3	0.00196	0.00452	0.00304	0.00133	1.24885	1.22474	.	.	0.00286
	1	4	6	0.00126	0.00409	0.00258	0.00115	0.56532	0.84515	-1.60139	1.74078	0.00237
		Total	92	0.00032	0.01996	0.00456	0.00396	1.83028	0.25134	3.74506	0.49771	0.00324
		1	46	0.00550	0.08002	0.02218	0.01448	1.79554	0.35010	4.52106	0.68763	0.01856
		2	44	0.00456	0.03463	0.01412	0.00739	0.95707	0.35748	0.32556	0.70168	0.01239
	2	3	3	0.01257	0.02887	0.02121	0.00819	-0.53196	1.22474	.	.	0.02005
		4	5	0.01198	0.02882	0.01621	0.00718	2.04782	0.91287	4.23018	2.00000	0.01524
		Total	98	0.00456	0.08002	0.01823	0.01186	2.11457	0.24376	7.12245	0.48296	0.01536
		1	27	0.00277	0.03765	0.01841	0.01031	0.53333	0.44785	-0.82090	0.87207	0.01544
As	3	2	38	0.00404	0.08969	0.01686	0.01494	3.54746	0.38282	15.63198	0.74970	0.01344
		3	12	0.00390	0.02286	0.01026	0.00638	1.33487	0.63730	0.70543	1.23225	0.00881
		4	5	0.01263	0.01581	0.01397	0.00117	0.95567	0.91287	1.83320	2.00000	0.01393
		Total	82	0.00277	0.08969	0.01623	0.01221	3.16643	0.26572	15.77421	0.52562	0.01325
	1	1	41	0.00017	0.01514	0.00573	0.00475	0.33411	0.36950	-1.11401	0.72448	0.00249
		2	42	0.00017	0.09303	0.00945	0.01592	4.06952	0.36536	19.25459	0.71663	0.00341
		3	3	0.00275	0.01950	0.00867	0.00939	1.70998	1.22474	.	.	0.00586
		4	6	0.00166	0.01783	0.00588	0.00607	2.09011	0.84515	4.60105	1.74078	0.00417
	2	Total	92	0.00017	0.09303	0.00753	0.01147	5.21570	0.25134	35.21056	0.49771	0.00306
		1	46	0.00023	0.00268	0.00111	0.00057	0.38165	0.35010	-0.34334	0.68763	0.00095
		2	44	0.00026	0.00202	0.00092	0.00050	0.76978	0.35748	-0.46176	0.70168	0.00080
		3	3	0.00077	0.00111	0.00097	0.00018	-1.13699	1.22474	.	.	0.00096
	3	4	5	0.00030	0.00140	0.00079	0.00042	0.54761	0.91287	0.31535	2.00000	0.00069
		Total	98	0.00023	0.00268	0.00101	0.00053	0.61014	0.24376	-0.27303	0.48296	0.00086
		1	27	0.00027	0.00260	0.00135	0.00067	0.31361	0.44785	-0.71222	0.87207	0.00117
		2	38	0.00028	0.00519	0.00134	0.00101	1.95987	0.38282	4.62318	0.74970	0.00108
	1	3	12	0.00046	0.00446	0.00101	0.00110	3.35024	0.63730	11.42554	1.23225	0.00080
		4	5	0.00070	0.00129	0.00099	0.00021	0.10074	0.91287	1.24646	2.00000	0.00097
		Total	82	0.00027	0.00519	0.00128	0.00089	2.01384	0.26572	5.19201	0.52562	0.00105
		1	41	0.00006	0.00157	0.00055	0.00033	1.16663	0.36950	1.47963	0.72448	0.00045
	3	2	42	0.00021	0.00173	0.00071	0.00034	1.13319	0.36536	1.00030	0.71663	0.00064
		3	3	0.00030	0.00079	0.00053	0.00025	0.57475	1.22474	.	.	0.00049

5. Resultados

Se	1	4	6	0.00025	0.00078	0.00049	0.00019	0.53543	0.84515	-0.28679	1.74078	0.00046
		Total	92	0.00006	0.00173	0.00062	0.00034	1.11438	0.25134	1.23942	0.49771	0.00053
		1	46	0.00004	0.00281	0.00067	0.00059	1.54760	0.35010	2.91360	0.68763	0.00044
		2	44	0.00004	0.00242	0.00056	0.00053	1.65515	0.35748	2.82527	0.70168	0.00037
		3	3	0.00026	0.00151	0.00075	0.00067	1.51947	1.22474	.	.	0.00057
	2	4	5	0.00004	0.00057	0.00024	0.00023	0.69495	0.91287	-0.97797	2.00000	0.00014
		Total	98	0.00004	0.00281	0.00060	0.00055	1.59185	0.24376	2.77595	0.48296	0.00038
		1	27	0.00007	0.00126	0.00067	0.00027	0.14890	0.44785	0.20869	0.87207	0.00060
		2	38	0.00022	0.00112	0.00061	0.00020	0.53550	0.38282	0.26506	0.74970	0.00058
		3	12	0.00013	0.00106	0.00054	0.00027	0.78145	0.63730	0.52364	1.23225	0.00047
	3	4	5	0.00063	0.00098	0.00079	0.00015	0.41811	0.91287	-2.10599	2.00000	0.00078
		Total	82	0.00007	0.00126	0.00063	0.00024	0.32413	0.26572	0.08574	0.52562	0.00058
		1	41	0.00000	0.00253	0.00055	0.00051	1.72927	0.36950	4.65249	0.72448	0.00025
		2	42	0.00000	0.00204	0.00073	0.00053	0.80676	0.36536	0.22516	0.71663	0.00041
		3	3	0.00000	0.00081	0.00043	0.00041	-0.43663	1.22474	.	.	0.00012
Rb	1	4	6	0.00015	0.00126	0.00052	0.00040	1.51998	0.84515	2.34784	1.74078	0.00042
		Total	92	0.00000	0.00253	0.00063	0.00051	1.20588	0.25134	1.80132	0.49771	0.00031
		1	46	0.00021	0.00419	0.00090	0.00067	3.23184	0.35010	13.37446	0.68763	0.00076
		2	44	0.00037	0.00339	0.00096	0.00065	2.38578	0.35748	6.18306	0.70168	0.00083
		3	3	0.00074	0.00081	0.00079	0.00004	-1.67784	1.22474	.	.	0.00079
	2	4	5	0.00034	0.00060	0.00052	0.00011	-1.57575	0.91287	2.12730	2.00000	0.00051
		Total	98	0.00021	0.00419	0.00090	0.00064	2.89458	0.24376	10.17141	0.48296	0.00077
		1	27	0.00026	0.00182	0.00078	0.00034	1.19783	0.44785	2.36275	0.87207	0.00071
		2	38	0.00030	0.00274	0.00080	0.00048	2.47367	0.38282	7.26090	0.74970	0.00070
		3	12	0.00033	0.00176	0.00074	0.00038	1.97153	0.63730	4.97828	1.23225	0.00067
	3	4	5	0.00042	0.00157	0.00080	0.00045	1.76936	0.91287	3.31078	2.00000	0.00072
		Total	82	0.00026	0.00274	0.00078	0.00042	2.15794	0.26572	6.26917	0.52562	0.00070
		1	41	0.00034	0.00792	0.00122	0.00127	4.01424	0.36950	19.55661	0.72448	0.00094
		2	42	0.00035	0.00771	0.00178	0.00154	2.16283	0.36536	5.29951	0.71663	0.00136
		3	3	0.00066	0.00133	0.00107	0.00036	-1.55254	1.22474	.	.	0.00103
Sr	1	4	6	0.00041	0.00141	0.00079	0.00038	0.82577	0.84515	0.03252	1.74078	0.00072
		Total	92	0.00034	0.00792	0.00144	0.00138	2.89975	0.25134	9.84522	0.49771	0.00110
		1	46	0.00115	0.01789	0.00758	0.00360	0.99216	0.35010	1.19636	0.68763	0.00675
		2	44	0.00299	0.01603	0.00827	0.00295	0.51868	0.35748	0.09323	0.70168	0.00774
		3	3	0.00662	0.00755	0.00715	0.00048	-1.16150	1.22474	.	.	0.00714
	2	4	5	0.00263	0.00738	0.00533	0.00179	-0.76389	0.91287	0.68233	2.00000	0.00504
		Total	98	0.00115	0.01789	0.00776	0.00324	0.81604	0.24376	0.89151	0.48296	0.00709
		1	27	0.00220	0.00939	0.00495	0.00158	0.50247	0.44785	1.23955	0.87207	0.00470
		2	38	0.00268	0.01538	0.00591	0.00262	1.89636	0.38282	4.78322	0.74970	0.00547
		3	12	0.00237	0.00711	0.00465	0.00132	0.24261	0.63730	-0.03489	1.23225	0.00447
	3	4	5	0.00321	0.00942	0.00558	0.00252	0.98661	0.91287	0.26707	2.00000	0.00516
		Total	82	0.00220	0.01538	0.00539	0.00218	1.90837	0.26572	6.17323	0.52562	0.00503
		1	41	0.00130	0.02940	0.00821	0.00585	1.76695	0.36950	3.66346	0.72448	0.00663
		2	42	0.00187	0.03244	0.01179	0.00675	1.04428	0.36536	0.76733	0.71663	0.01004
		3	3	0.00495	0.01010	0.00820	0.00283	-1.65892	1.22474	.	.	0.00781
Y	1	4	6	0.00166	0.00981	0.00542	0.00309	0.24230	0.84515	-1.09921	1.74078	0.00459
		Total	92	0.00130	0.03244	0.00966	0.00637	1.35261	0.25134	1.73551	0.49771	0.00787
		1	46	0.00000	0.00062	0.00012	0.00011	2.44842	0.35010	8.86866	0.68763	0.00005
		2	44	0.00000	0.00055	0.00014	0.00013	1.33355	0.35748	2.12437	0.70168	0.00004
		3	3	0.00009	0.00013	0.00012	0.00002	-1.72030	1.22474	.	.	0.00012
	2	4	5	0.00000	0.00020	0.00009	0.00009	0.14378	0.91287	-2.44840	2.00000	0.00003
		Total	98	0.00000	0.00062	0.00012	0.00012	1.81902	0.24376	4.75711	0.48296	0.00005
		1	27	0.00007	0.00055	0.00023	0.00015	0.89518	0.44785	-0.65237	0.87207	0.00019
		2	38	0.00008	0.00061	0.00025	0.00016	0.73584	0.38282	-0.77495	0.74970	0.00021

5. Resultados

Zr	3	3	12	0.00007	0.00077	0.00028	0.00021	1.24844	0.63730	1.42040	1.23225	0.00022
		4	5	0.00007	0.00059	0.00025	0.00023	1.00983	0.91287	-0.96646	2.00000	0.00017
		Total	82	0.00007	0.00077	0.00025	0.00017	0.90984	0.26572	-0.11716	0.52562	0.00020
		1	41	0.00000	0.00197	0.00022	0.00033	3.81515	0.36950	18.61011	0.72448	0.00006
		2	42	0.00000	0.00189	0.00033	0.00034	2.87896	0.36536	10.92048	0.71663	0.00020
		3	3	0.00000	0.00055	0.00024	0.00028	1.14531	1.22474	.	.	0.00006
		4	6	0.00009	0.00026	0.00017	0.00006	0.26628	0.84515	-0.66700	1.74078	0.00016
		Total	92	0.00000	0.00197	0.00027	0.00033	3.25808	0.25134	13.80488	0.49771	0.00011
	1	1	46	0.00002	0.00622	0.00134	0.00147	1.53434	0.35010	2.72694	0.68763	0.00045
		2	44	0.00002	0.00857	0.00217	0.00246	0.95680	0.35748	-0.13536	0.70168	0.00046
		3	3	0.00040	0.00211	0.00110	0.00090	1.40073	1.22474	.	.	0.00087
		4	5	0.00002	0.00294	0.00137	0.00141	0.22150	0.91287	-2.96458	2.00000	0.00034
		Total	98	0.00002	0.00857	0.00171	0.00199	1.38970	0.24376	1.47028	0.48296	0.00045
	2	1	27	0.00159	0.01310	0.00821	0.00315	-0.37022	0.44785	-0.40371	0.87207	0.00742
		2	38	0.00009	0.01360	0.00884	0.00291	-0.93390	0.38282	0.98439	0.74970	0.00767
		3	12	0.00807	0.01357	0.01017	0.00167	0.78169	0.63730	-0.05626	1.23225	0.01005
		4	5	0.00745	0.01057	0.00894	0.00116	0.23991	0.91287	0.51146	2.00000	0.00888
		Total	82	0.00009	0.01360	0.00883	0.00281	-0.78852	0.26572	0.65428	0.52562	0.00796
	3	1	41	0.00040	0.01304	0.00512	0.00262	0.25871	0.36950	1.08188	0.72448	0.00413
		2	42	0.00079	0.01412	0.00520	0.00315	0.82481	0.36536	0.56971	0.71663	0.00423
		3	3	0.00191	0.00659	0.00481	0.00254	-1.60368	1.22474	.	.	0.00421
		4	6	0.00094	0.00649	0.00403	0.00220	-0.64457	0.84515	-1.44400	1.74078	0.00331
		Total	92	0.00040	0.01412	0.00508	0.00282	0.61712	0.25134	0.83866	0.49771	0.00412
Cs	1	1	46	0.00004	0.00019	0.00006	0.00004	2.11210	0.35010	3.87931	0.68763	0.00005
		2	44	0.00004	0.00022	0.00007	0.00004	1.45597	0.35748	1.91052	0.70168	0.00006
		3	3	0.00004	0.00004	0.00004	0.00000	.	.	.	.	0.00004
		4	5	0.00004	0.00008	0.00005	0.00002	0.63740	0.91287	-3.16523	2.00000	0.00005
		Total	98	0.00004	0.00022	0.00006	0.00004	1.78846	0.24376	2.84325	0.48296	0.00005
	2	1	27	0.00003	0.00013	0.00006	0.00002	1.31556	0.44785	1.88233	0.87207	0.00006
		2	38	0.00003	0.00019	0.00006	0.00003	2.18456	0.38282	5.54927	0.74970	0.00006
		3	12	0.00003	0.00012	0.00006	0.00002	1.48957	0.63730	3.42296	1.23225	0.00005
		4	5	0.00004	0.00012	0.00006	0.00003	1.51030	0.91287	2.18570	2.00000	0.00006
		Total	82	0.00003	0.00019	0.00006	0.00003	1.90678	0.26572	4.61766	0.52562	0.00006
	3	1	41	0.00001	0.00047	0.00008	0.00009	2.49403	0.36950	7.51844	0.72448	0.00004
		2	42	0.00001	0.00049	0.00012	0.00011	1.55471	0.36536	2.90985	0.71663	0.00008
		3	3	0.00001	0.00012	0.00007	0.00006	-1.00640	1.22474	.	.	0.00004
		4	6	0.00001	0.00011	0.00004	0.00004	0.70507	0.84515	-0.88150	1.74078	0.00002
		Total	92	0.00001	0.00049	0.00010	0.00010	1.92730	0.25134	4.37439	0.49771	0.00005
Ba	1	1	46	0.00387	0.03336	0.01630	0.00847	0.46675	0.35010	-0.77961	0.68763	0.01402
		2	44	0.00495	0.07809	0.01527	0.01126	4.26761	0.35748	22.93695	0.70168	0.01329
		3	3	0.01208	0.02341	0.01794	0.00568	-0.31367	1.22474	.	.	0.01731
		4	5	0.00606	0.01741	0.01194	0.00407	-0.23755	0.91287	1.55624	2.00000	0.01130
		Total	98	0.00387	0.07809	0.01567	0.00959	3.11844	0.24376	17.49225	0.48296	0.01362
	2	1	27	0.00031	0.02648	0.01425	0.00577	-0.09336	0.44785	0.58148	0.87207	0.01205
		2	38	0.00115	0.04047	0.01576	0.00840	0.93971	0.38282	0.89195	0.74970	0.01341
		3	12	0.00707	0.02371	0.01255	0.00533	1.32699	0.63730	0.79898	1.23225	0.01170
		4	5	0.00728	0.02464	0.01344	0.00773	0.90626	0.91287	-1.23864	2.00000	0.01183
		Total	82	0.00031	0.04047	0.01465	0.00715	0.92365	0.26572	1.37875	0.52562	0.01259
	3	1	41	0.00069	0.04569	0.00927	0.00771	2.70636	0.36950	11.66577	0.72448	0.00678
		2	42	0.00148	0.21284	0.02036	0.03306	5.08627	0.36536	29.31458	0.71663	0.01251
		3	3	0.00448	0.01753	0.01098	0.00652	0.03154	1.22474	.	.	0.00951
		4	6	0.00091	0.01463	0.00821	0.00510	-0.37909	0.84515	-0.92349	1.74078	0.00602
		Total	92	0.00069	0.21284	0.01432	0.02350	6.92703	0.25134	57.04062	0.49771	0.00900
La	1	1	46	0.00001	0.00156	0.00028	0.00028	2.92297	0.35010	10.68012	0.68763	0.00020

5. Resultados

Ce	2	44	0.00008	0.00152	0.00038	0.00031	2.11923	0.35748	4.72049	0.70168	0.00030
		3	3	0.00025	0.00034	0.00028	0.00005	1.49720	1.22474	.	0.00028
		4	5	0.00003	0.00026	0.00019	0.00010	-1.56152	0.91287	1.95504	2.00000
		Total	98	0.00001	0.00156	0.00032	0.00029	2.49925	0.24376	7.19085	0.48296
	3	1	27	0.00001	0.00070	0.00024	0.00016	1.39661	0.44785	1.82782	0.87207
		2	38	0.00001	0.00115	0.00026	0.00022	2.36533	0.38282	7.48403	0.74970
		3	12	0.00001	0.00051	0.00018	0.00014	0.91098	0.63730	1.42159	1.23225
		4	5	0.00016	0.00035	0.00023	0.00008	1.12941	0.91287	0.42119	2.00000
	3	Total	82	0.00001	0.00115	0.00024	0.00019	2.18706	0.26572	7.39661	0.52562
		1	41	0.00003	0.00281	0.00035	0.00047	4.10558	0.36950	19.63072	0.72448
		2	42	0.00007	0.00277	0.00062	0.00061	2.31946	0.36536	5.87127	0.71663
		3	3	0.00021	0.00051	0.00034	0.00015	1.19238	1.22474	.	0.00032
	1	4	6	0.00017	0.00031	0.00024	0.00007	0.13240	0.84515	-2.83518	1.74078
		Total	92	0.00003	0.00281	0.00046	0.00053	2.98551	0.25134	9.94484	0.49771
		1	46	0.00011	0.00316	0.00063	0.00052	3.48958	0.35010	14.27945	0.68763
		2	44	0.00017	0.00297	0.00072	0.00060	2.35644	0.35748	5.69889	0.70168
Pr	2	3	3	0.00055	0.00067	0.00061	0.00006	-0.20686	1.22474	.	0.00061
		4	5	0.00025	0.00058	0.00045	0.00014	-0.71788	0.91287	-0.92345	2.00000
		Total	98	0.00011	0.00316	0.00066	0.00054	2.92725	0.24376	9.41498	0.48296
		1	27	0.00000	0.00174	0.00056	0.00040	1.42896	0.44785	2.25307	0.87207
	2	2	38	0.00000	0.00282	0.00056	0.00056	2.38695	0.38282	7.35803	0.74970
		3	12	0.00000	0.00114	0.00040	0.00034	0.76589	0.63730	0.53001	1.23225
		4	5	0.00000	0.00075	0.00038	0.00027	-0.04818	0.91287	1.58603	2.00000
		Total	82	0.00000	0.00282	0.00053	0.00047	2.24719	0.26572	7.63926	0.52562
	3	1	41	0.00001	0.00685	0.00074	0.00112	4.48234	0.36950	23.10187	0.72448
		2	42	0.00004	0.00641	0.00116	0.00129	2.55171	0.36536	7.37702	0.71663
		3	3	0.00040	0.00102	0.00069	0.00031	0.48459	1.22474	.	0.00064
		4	6	0.00026	0.00060	0.00040	0.00015	0.24899	0.84515	-2.35330	1.74078
	1	Total	92	0.00001	0.00685	0.00091	0.00117	3.37247	0.25134	12.98975	0.49771
		1	46	0.00001	0.00034	0.00007	0.00006	2.11642	0.35010	6.80809	0.68763
		2	44	0.00001	0.00036	0.00010	0.00007	1.56028	0.35748	3.39767	0.70168
		3	3	0.00005	0.00009	0.00006	0.00002	1.62700	1.22474	.	0.00006
Nd	2	4	5	0.00001	0.00012	0.00006	0.00004	1.01412	0.91287	2.40711	2.00000
		Total	98	0.00001	0.00036	0.00008	0.00007	1.83529	0.24376	4.73048	0.48296
		1	27	0.00000	0.00016	0.00005	0.00004	1.39405	0.44785	2.04926	0.87207
		2	38	0.00000	0.00028	0.00005	0.00005	2.51378	0.38282	8.06927	0.74970
	2	3	12	0.00000	0.00009	0.00004	0.00003	0.41588	0.63730	-0.76747	1.23225
		4	5	0.00000	0.00007	0.00004	0.00003	0.11900	0.91287	1.71999	2.00000
		Total	82	0.00000	0.00028	0.00005	0.00005	2.39202	0.26572	8.65197	0.52562
		1	41	0.00000	0.00069	0.00010	0.00012	3.62841	0.36950	16.82234	0.72448
	3	2	42	0.00002	0.00068	0.00016	0.00014	2.07951	0.36536	5.17942	0.71663
		3	3	0.00007	0.00013	0.00010	0.00003	-0.86961	1.22474	.	0.00010
		4	6	0.00006	0.00013	0.00009	0.00003	0.44680	0.84515	-1.61947	1.74078
		Total	92	0.00000	0.00069	0.00012	0.00013	2.68484	0.25134	8.80349	0.49771
Nd	1	1	46	0.00000	0.00166	0.00026	0.00029	3.14196	0.35010	12.45580	0.68763
		2	44	0.00001	0.00149	0.00032	0.00031	2.30010	0.35748	5.81530	0.70168
		3	3	0.00017	0.00023	0.00021	0.00003	-1.34883	1.22474	.	0.00020
		4	5	0.00013	0.00030	0.00023	0.00007	-0.79652	0.91287	0.18553	2.00000
	2	Total	98	0.00000	0.00166	0.00029	0.00029	2.76936	0.24376	9.08737	0.48296
		1	27	0.00000	0.00070	0.00022	0.00017	1.36393	0.44785	1.95009	0.87207
		2	38	0.00000	0.00120	0.00022	0.00024	2.44694	0.38282	7.72127	0.74970
		3	12	0.00000	0.00047	0.00017	0.00015	0.67020	0.63730	-0.09346	1.23225
		4	5	0.00000	0.00029	0.00015	0.00010	-0.10860	0.91287	1.85451	2.00000
	2	Total	82	0.00000	0.00120	0.00021	0.00020	2.31968	0.26572	8.20245	0.52562

5. Resultados

Hf	3	1	41	0.00000	0.00278	0.00033	0.00048	3.99406	0.36950	18.18707	0.72448	0.00016
		2	42	0.00000	0.00272	0.00056	0.00061	2.33232	0.36536	5.94420	0.71663	0.00034
		3	3	0.00016	0.00051	0.00031	0.00018	0.97197	1.22474	.	.	0.00028
		4	6	0.00010	0.00024	0.00020	0.00005	-1.15233	0.84515	0.86889	1.74078	0.00019
		Total	92	0.00000	0.00278	0.00043	0.00053	2.99993	0.25134	9.92356	0.49771	0.00024
	1	1	46	0.00000	0.00096	0.00023	0.00023	1.50659	0.35010	1.87246	0.68763	0.00010
		2	44	0.00000	0.00080	0.00035	0.00029	0.37331	0.35748	-1.50594	0.70168	0.00017
		3	3	0.00022	0.00073	0.00040	0.00029	1.72952	1.22474	.	.	0.00034
		4	5	0.00000	0.00068	0.00014	0.00030	2.23607	0.91287	5.00000	2.00000	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00096	0.00028	0.00027	0.84534	0.24376	-0.64106	0.48296	0.00011
	2	1	27	0.00001	0.00067	0.00037	0.00020	-0.28789	0.44785	-0.84273	0.87207	0.00027
		2	38	0.00001	0.00067	0.00043	0.00017	-0.94728	0.38282	0.20529	0.74970	0.00036
		3	12	0.00042	0.00070	0.00053	0.00009	0.87643	0.63730	-0.03454	1.23225	0.00052
		4	5	0.00029	0.00048	0.00043	0.00008	-2.16084	0.91287	4.72690	2.00000	0.00043
		Total	82	0.00001	0.00070	0.00043	0.00017	-0.79658	0.26572	0.02520	0.52562	0.00035
Tl	3	1	41	0.00000	0.00172	0.00069	0.00051	0.08067	0.36950	-0.91315	0.72448	0.00024
		2	42	0.00000	0.00172	0.00043	0.00049	1.33503	0.36536	1.01875	0.71663	0.00008
		3	3	0.00000	0.00110	0.00043	0.00059	1.56997	1.22474	.	.	0.00007
		4	6	0.00000	0.00115	0.00033	0.00045	1.58255	0.84515	1.91966	1.74078	0.00008
		Total	92	0.00000	0.00172	0.00054	0.00051	0.66687	0.25134	-0.60767	0.49771	0.00013
	1	1	46	0.00001	0.00281	0.00015	0.00041	6.23103	0.35010	40.81264	0.68763	0.00005
		2	44	0.00001	0.00023	0.00010	0.00006	-0.00778	0.35748	-0.87983	0.70168	0.00007
		3	3	0.00001	0.00012	0.00005	0.00006	1.73205	1.22474	.	.	0.00002
		4	5	0.00001	0.00014	0.00009	0.00005	-1.46177	0.91287	2.44503	2.00000	0.00007
		Total	98	0.00001	0.00281	0.00012	0.00029	8.76022	0.24376	82.81102	0.48296	0.00005
	2	1	27	0.00003	0.00015	0.00007	0.00003	0.62727	0.44785	0.29320	0.87207	0.00006
		2	38	0.00003	0.00015	0.00006	0.00003	1.21479	0.38282	0.82696	0.74970	0.00005
		3	12	0.00003	0.00008	0.00004	0.00002	1.81141	0.63730	2.37004	1.23225	0.00004
		4	5	0.00005	0.00012	0.00008	0.00003	-0.07578	0.91287	-2.20937	2.00000	0.00008
		Total	82	0.00003	0.00015	0.00006	0.00003	0.91517	0.26572	0.16139	0.52562	0.00005
Pb	3	1	41	0.00000	0.00495	0.00017	0.00077	6.36634	0.36950	40.67595	0.72448	0.00004
		2	42	0.00000	0.00019	0.00005	0.00004	1.32553	0.36536	2.78664	0.71663	0.00003
		3	3	0.00000	0.00007	0.00004	0.00003	0.10863	1.22474	.	.	0.00002
		4	6	0.00000	0.00004	0.00001	0.00002	1.07627	0.84515	-1.22828	1.74078	0.00001
		Total	92	0.00000	0.00495	0.00010	0.00051	9.48970	0.25134	90.67371	0.49771	0.00003
	1	1	46	0.00887	0.11077	0.02389	0.01724	3.23631	0.35010	14.15492	0.68763	0.02030
		2	44	0.00679	0.03721	0.01658	0.00771	1.15997	0.35748	0.68164	0.70168	0.01509
		3	3	0.01188	0.02117	0.01645	0.00465	0.15048	1.22474	.	.	0.01600
		4	5	0.00586	0.02598	0.01707	0.00735	-0.70765	0.91287	1.54054	2.00000	0.01535
		Total	98	0.00586	0.11077	0.02003	0.01343	3.74622	0.24376	21.57333	0.48296	0.01739
	2	1	27	0.00554	0.07058	0.02358	0.01381	1.52197	0.44785	3.84524	0.87207	0.02015
		2	38	0.00593	0.07383	0.01822	0.01546	2.56872	0.38282	6.32386	0.74970	0.01478
		3	12	0.00485	0.03744	0.01384	0.00887	2.05524	0.63730	4.41636	1.23225	0.01202
		4	5	0.01420	0.03169	0.02114	0.00642	1.31047	0.91287	2.84935	2.00000	0.02043
		Total	82	0.00485	0.07383	0.01952	0.01394	2.12348	0.26572	5.08881	0.52562	0.01620
Th	3	1	41	0.00055	0.04503	0.00882	0.00738	3.11483	0.36950	14.05674	0.72448	0.00670
		2	42	0.00255	0.03913	0.00966	0.00674	2.53137	0.36536	8.44950	0.71663	0.00817
		3	3	0.00441	0.01515	0.00808	0.00613	1.72829	1.22474	.	.	0.00678
		4	6	0.00379	0.01422	0.00694	0.00373	1.97518	0.84515	4.30737	1.74078	0.00631
		Total	92	0.00055	0.04503	0.00906	0.00682	2.81868	0.25134	11.30726	0.49771	0.00731
	1	1	46	0.00000	0.00032	0.00012	0.00009	0.59087	0.35010	0.19556	0.68763	0.00006
		2	44	0.00000	0.00050	0.00014	0.00009	2.05826	0.35748	6.36595	0.70168	0.00011
		3	3	0.00001	0.00035	0.00016	0.00017	0.97067	1.22474	.	.	0.00007
		4	5	0.00004	0.00015	0.00010	0.00004	-0.88340	0.91287	1.86983	2.00000	0.00009

5. Resultados

	Total	98	0.00000	0.00050	0.00013	0.00009	1.30709	0.24376	3.13210	0.48296	0.00008
2	1	27	0.00001	0.00027	0.00009	0.00007	1.36499	0.44785	1.17420	0.87207	0.00007
	2	38	0.00001	0.00039	0.00011	0.00008	1.83217	0.38282	4.55186	0.74970	0.00008
	3	12	0.00001	0.00025	0.00010	0.00006	0.88220	0.63730	2.35628	1.23225	0.00007
	4	5	0.00004	0.00017	0.00007	0.00005	1.99228	0.91287	4.07282	2.00000	0.00006
	Total	82	0.00001	0.00039	0.00010	0.00007	1.62752	0.26572	3.57642	0.52562	0.00008
3	1	41	0.00000	0.00091	0.00008	0.00016	4.03989	0.36950	19.70752	0.72448	0.00000
	2	42	0.00000	0.00089	0.00013	0.00016	3.07289	0.36536	11.55656	0.71663	0.00003
	3	3	0.00000	0.00022	0.00007	0.00013	1.73205	1.22474	.	.	0.00000
	4	6	0.00000	0.00009	0.00005	0.00003	-0.60822	0.84515	0.30810	1.74078	0.00001
	Total	92	0.00000	0.00091	0.00010	0.00016	3.48105	0.25134	14.68447	0.49771	0.00001

d) Fracción PM₁₀, cocientes de las variables y la componente crustal segmentados por la estación de muestreo (Estac.): 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana.

Variable	Estac.	viento	N	Mínimo	Máximo	M.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM ₁₀ inC	1	1	41	1.08102	10.45985	4.18557	1.95840	1.02740	0.36950	1.47444	0.72448	3.76323
		2	43	1.01774	7.34328	3.68428	1.46505	0.76431	0.36136	0.79124	0.70904	3.39949
		3	3	3.31833	4.53616	3.90464	0.61017	0.33168	1.22474	.	.	3.87296
		4	5	3.97283	5.42130	4.49881	0.61838	0.94577	0.91287	-0.50503	2.00000	4.46626
		Total	92	1.01774	10.45985	3.95913	1.66625	1.02727	0.25134	1.94591	0.49771	3.62557
	2	1	27	1.61314	9.24574	4.06592	1.52078	1.47045	0.44785	4.35433	0.87207	3.81772
		2	38	0.78812	8.10427	4.03660	1.62417	0.59955	0.38282	0.46757	0.74970	3.69162
		3	12	1.84962	7.32657	4.48394	1.55700	0.43186	0.63730	0.18167	1.23225	4.22483
		4	5	1.95862	9.18281	6.45980	2.75987	-1.31737	0.91287	2.19046	2.00000	5.73496
		Total	82	0.78812	9.24574	4.25948	1.73055	0.81724	0.26572	0.74645	0.52562	3.91075
	3	1	41	1.48616	9.70337	3.85284	1.82154	1.17774	0.36950	1.82833	0.72448	3.47503
		2	42	1.56061	13.75469	3.33767	2.15480	3.36188	0.36536	13.99465	0.71663	2.95710
		3	3	2.08352	4.72176	3.03113	1.46770	1.69427	1.22474	.	.	2.82353
		4	6	2.16707	10.03758	5.01082	2.84212	1.28609	0.84515	1.49766	1.74078	4.42683
		Total	92	1.48616	13.75469	3.66638	2.05903	2.23906	0.25134	6.96890	0.49771	3.25744
PM ₁₀ MinC	1	1	46	2.10244	15.85465	5.11730	2.47004	2.02056	0.35010	7.02527	0.68763	4.64986
		2	44	2.03667	9.84521	5.13941	1.64066	0.62601	0.35748	0.89202	0.70168	4.88033
		3	3	3.39611	5.24212	4.28128	0.92533	0.36554	1.22474	.	.	4.21476
		4	5	5.42130	7.38219	6.13001	0.75063	1.51469	0.91287	2.78271	2.00000	6.09554
		Total	98	2.03667	15.85465	5.15330	2.03419	1.74561	0.24376	7.12941	0.48296	4.80358
	2	1	27	1.61314	9.24574	4.06592	1.52078	1.47045	0.44785	4.35433	0.87207	3.81772
		2	38	0.78812	8.10427	4.03660	1.62417	0.59955	0.38282	0.46757	0.74970	3.69162
		3	12	1.84962	7.32657	4.48394	1.55700	0.43186	0.63730	0.18167	1.23225	4.22483
		4	5	1.95862	9.18281	6.45980	2.75987	-1.31737	0.91287	2.19046	2.00000	5.73496
		Total	82	0.78812	9.24574	4.25948	1.73055	0.81724	0.26572	0.74645	0.52562	3.91075
	3	1	41	1.48616	9.70337	3.85284	1.82154	1.17774	0.36950	1.82833	0.72448	3.47503
		2	42	1.56061	13.75469	3.33767	2.15480	3.36188	0.36536	13.99465	0.71663	2.95710
		3	3	2.08352	4.72176	3.03113	1.46770	1.69427	1.22474	.	.	2.82353
		4	6	2.16707	10.03758	5.01082	2.84212	1.28609	0.84515	1.49766	1.74078	4.42683
		Total	92	1.48616	13.75469	3.66638	2.05903	2.23906	0.25134	6.96890	0.49771	3.25744
OM+ECinC	1	1	46	0.25241	6.73961	1.53165	1.07204	2.83722	0.35010	11.94040	0.68763	1.26988
		2	44	0.16330	1.91052	1.02088	0.38140	0.11020	0.35748	0.26845	0.70168	0.93361
		3	3	1.06750	1.39710	1.27774	0.18264	-1.68484	1.22474	.	.	1.26851
		4	5	1.16186	1.50246	1.33456	0.13369	-0.08124	0.91287	-1.05669	2.00000	1.32915
		Total	98	0.16330	6.73961	1.28449	0.81222	3.61407	0.24376	21.12944	0.48296	1.10860
	2	1	27	0.35690	1.98013	0.85288	0.36984	1.22789	0.44785	2.12196	0.87207	0.78431

5. Resultados

Al ₂ O ₃ inC	3	2	38	0.15804	1.22254	0.66815	0.27177	0.42013	0.38282	-0.50290	0.74970	0.61072
		3	12	0.35887	1.41109	0.67622	0.27814	1.87181	0.63730	4.12094	1.23225	0.63526
		4	5	0.29749	1.40679	0.75272	0.40717	1.11685	0.91287	2.31078	2.00000	0.66811
		Total	82	0.15804	1.98013	0.73531	0.32186	1.12278	0.26572	1.93588	0.52562	0.67065
	1	1	41	0.01305	1.38304	0.46838	0.30649	1.20622	0.36950	1.68662	0.72448	0.36223
		2	42	0.00961	2.17472	0.40856	0.44243	2.58495	0.36536	7.20430	0.71663	0.25861
		3	3	0.20686	0.36120	0.27056	0.08062	1.33570	1.22474	.	.	0.26306
		4	6	0.45001	1.04487	0.59664	0.22667	2.13472	0.84515	4.70531	1.74078	0.56914
	2	Total	92	0.00961	2.17472	0.44299	0.36854	2.18138	0.25134	6.31394	0.49771	0.31655
		1	46	0.05918	0.15277	0.08420	0.01990	1.85443	0.35010	3.92705	0.68763	0.08230
		2	44	0.05835	0.16037	0.09066	0.02596	1.43853	0.35748	0.97551	0.70168	0.08765
		3	3	0.08417	0.09115	0.08713	0.00361	1.20619	1.22474	.	.	0.08708
CainC	1	4	5	0.07685	0.11583	0.08914	0.01585	1.67490	0.91287	2.67334	2.00000	0.08813
		Total	98	0.05835	0.16037	0.08744	0.02242	1.66978	0.24376	2.28579	0.48296	0.08511
	2	1	27	0.06027	0.14356	0.09578	0.02206	0.75636	0.44785	-0.08879	0.87207	0.09348
		2	38	0.06595	0.15206	0.09693	0.01966	0.90820	0.38282	0.45847	0.74970	0.09513
		3	12	0.08015	0.14168	0.10715	0.01953	0.32529	0.63730	-0.91769	1.23225	0.10554
		4	5	0.07611	0.12162	0.09694	0.02178	0.39468	0.91287	-3.04369	2.00000	0.09503
	3	Total	82	0.06027	0.15206	0.09805	0.02056	0.65875	0.26572	-0.29229	0.52562	0.09603
		1	41	0.04156	0.16099	0.08831	0.02583	0.66950	0.36950	1.24595	0.72448	0.08464
		2	42	0.06615	0.16055	0.10046	0.02669	0.90344	0.36536	-0.40686	0.71663	0.09734
		3	3	0.07930	0.10204	0.09237	0.01175	-1.19637	1.22474	.	.	0.09186
FeinC	1	4	6	0.07819	0.12033	0.09786	0.01657	0.43710	0.84515	-1.56094	1.74078	0.09672
		Total	92	0.04156	0.16099	0.09462	0.02583	0.73870	0.25134	0.52335	0.49771	0.09125
	2	1	46	0.08964	0.22568	0.18704	0.03125	-1.50051	0.35010	2.29991	0.68763	0.18382
		2	44	0.06999	0.22814	0.17809	0.03920	-1.16101	0.35748	0.59839	0.70168	0.17271
		3	3	0.18091	0.18815	0.18358	0.00398	1.65890	1.22474	.	.	0.18355
		4	5	0.13164	0.20603	0.17600	0.02891	-0.87806	0.91287	0.73632	2.00000	0.17395
	3	Total	98	0.06999	0.22814	0.18235	0.03449	-1.32895	0.24376	1.36897	0.48296	0.17824
		1	27	0.08947	0.22174	0.16034	0.03396	-0.41264	0.44785	-0.47448	0.87207	0.15651
		2	38	0.08325	0.19254	0.15298	0.02961	-0.47920	0.38282	-0.55370	0.74970	0.14990
		3	12	0.08928	0.19543	0.14042	0.03040	0.09801	0.63730	-0.26905	1.23225	0.13731
FeinC	1	4	5	0.12701	0.19097	0.15361	0.02498	0.77151	0.91287	0.17562	2.00000	0.15205
		Total	82	0.08325	0.22174	0.15361	0.03111	-0.27182	0.26572	-0.60815	0.52562	0.15024
	2	1	41	0.05965	0.29114	0.19244	0.05478	-0.53735	0.36950	0.13663	0.72448	0.18281
		2	42	0.07531	0.23797	0.17862	0.04521	-0.73702	0.36536	-0.53991	0.71663	0.17188
		3	3	0.13858	0.22398	0.18078	0.04271	0.10505	1.22474	.	.	0.17737
		4	6	0.11982	0.22220	0.17118	0.04373	-0.02779	0.84515	-2.67555	1.74078	0.16641
	3	Total	92	0.05965	0.29114	0.18437	0.04941	-0.46335	0.25134	-0.15358	0.49771	0.17647
		1	46	0.03574	0.15171	0.06137	0.01986	2.39256	0.35010	8.57592	0.68763	0.05898
		2	44	0.03483	0.07142	0.04958	0.00963	0.24244	0.35748	-0.82805	0.70168	0.04867
		3	3	0.05249	0.06691	0.06019	0.00726	-0.58869	1.22474	.	.	0.05989
FeinC	1	4	5	0.04864	0.07340	0.06223	0.01092	-0.01249	0.91287	-2.17937	2.00000	0.06145
		Total	98	0.03483	0.15171	0.05608	0.01628	2.50117	0.24376	11.60182	0.48296	0.05424
	2	1	27	0.03012	0.10039	0.06312	0.01673	-0.02185	0.44785	-0.02182	0.87207	0.06079
		2	38	0.03359	0.09313	0.05345	0.01585	0.99233	0.38282	0.22237	0.74970	0.05140
		3	12	0.03837	0.06394	0.05120	0.00786	0.47353	0.63730	-0.45655	1.23225	0.05065
		4	5	0.04314	0.06750	0.05505	0.00953	0.06958	0.91287	-0.97001	2.00000	0.05438
	3	Total	82	0.03012	0.10039	0.05640	0.01552	0.66421	0.26572	-0.04797	0.52562	0.05439
		1	41	0.02093	0.04930	0.03130	0.00700	1.03302	0.36950	0.64401	0.72448	0.03061
		2	42	0.02008	0.04835	0.03139	0.00771	0.83744	0.36536	-0.37921	0.71663	0.03054
		3	3	0.02858	0.03190	0.02981	0.00182	1.65578	1.22474	.	.	0.02977
	Total	4	6	0.02772	0.04370	0.03375	0.00757	0.87427	0.84515	-1.88576	1.74078	0.03309
		Total	92	0.02008	0.04930	0.03145	0.00721	0.91051	0.25134	-0.02752	0.49771	0.03070

5. Resultados

SO ₄ ²⁻ inC	1	1	46	0.13188	1.67296	0.54779	0.34298	1.34592	0.35010	2.23131	0.68763	0.45515
		2	44	0.21766	1.65803	0.60950	0.29612	1.52191	0.35748	3.08770	0.70168	0.54994
		3	3	0.34356	0.99839	0.63701	0.33266	0.88067	1.22474	.	.	0.58008
		4	5	0.48881	0.88723	0.73405	0.15687	-1.02619	0.91287	1.01340	2.00000	0.71891
		Total	98	0.13188	1.67296	0.58773	0.31447	1.24296	0.24376	2.12512	0.48296	0.51097
	2	1	27	0.09814	1.93367	0.59980	0.32742	2.61418	0.44785	10.45217	0.87207	0.53164
		2	38	0.16719	1.33626	0.58520	0.29517	0.86159	0.38282	0.19758	0.74970	0.51640
		3	12	0.24923	0.91826	0.57292	0.20405	0.14913	0.63730	-0.83498	1.23225	0.53717
		4	5	0.38731	1.14087	0.80179	0.30386	-0.25442	0.91287	-1.08044	2.00000	0.74945
		Total	82	0.09814	1.93367	0.60142	0.29520	1.49163	0.26572	4.26069	0.52562	0.53643
	3	1	41	0.08040	1.36465	0.43321	0.26866	1.21790	0.36950	2.31182	0.72448	0.35516
		2	42	0.07987	1.12935	0.35622	0.21414	1.49791	0.36536	2.97968	0.71663	0.30298
		3	3	0.18499	0.89723	0.44397	0.39387	1.67963	1.22474	.	.	0.34606
		4	6	0.19896	1.27584	0.63571	0.47411	0.66911	0.84515	-1.92715	1.74078	0.49370
		Total	92	0.07987	1.36465	0.41162	0.27041	1.42043	0.25134	2.14424	0.49771	0.33719
NO ₃ ⁻ inC	1	1	46	0.01628	1.64603	0.33764	0.34225	1.89493	0.35010	4.19576	0.68763	0.20933
		2	44	0.06429	0.97284	0.29409	0.21401	1.20113	0.35748	1.21361	0.70168	0.22857
		3	3	0.10776	0.15715	0.12678	0.02658	1.57196	1.22474	.	.	0.12503
		4	5	0.17122	0.45004	0.28217	0.10379	1.20555	0.91287	2.25401	2.00000	0.26825
		Total	98	0.01628	1.64603	0.30880	0.27687	2.03502	0.24376	5.73628	0.48296	0.21708
	2	1	27	0.15859	0.94030	0.34165	0.18287	1.81455	0.44785	3.35978	0.87207	0.30717
		2	38	0.07074	0.92119	0.33155	0.18196	1.27138	0.38282	1.82698	0.74970	0.28871
		3	12	0.16064	0.63167	0.30976	0.12684	1.49873	0.63730	3.08939	1.23225	0.28961
		4	5	0.13317	1.13743	0.52535	0.41503	0.91343	0.91287	-0.70638	2.00000	0.39883
		Total	82	0.07074	1.13743	0.34351	0.19705	1.75176	0.26572	3.54930	0.52562	0.30066
	3	1	41	0.03715	0.72817	0.30645	0.19047	0.61740	0.36950	-0.55926	0.72448	0.24359
		2	42	0.03597	1.39940	0.28494	0.26903	2.87293	0.36536	9.41223	0.71663	0.21471
		3	3	0.10785	0.24014	0.17911	0.06673	-0.67369	1.22474	.	.	0.16989
		4	6	0.16354	0.78452	0.40741	0.23159	0.98351	0.84515	-0.09604	1.74078	0.35714
		Total	92	0.03597	1.39940	0.29906	0.23015	2.19328	0.25134	7.01129	0.49771	0.23301
NH ₄ ⁺ inC	1	1	46	0.00620	0.61987	0.14248	0.11843	1.70991	0.35010	4.58141	0.68763	0.09762
		2	44	0.02524	0.41913	0.14909	0.09927	0.99911	0.35748	0.27767	0.70168	0.11925
		3	3	0.06492	0.18839	0.11859	0.06330	1.07255	1.22474	.	.	0.10781
		4	5	0.09948	0.25548	0.19770	0.05990	-1.37859	0.91287	2.26799	2.00000	0.18837
		Total	98	0.00620	0.61987	0.14754	0.10618	1.37374	0.24376	3.04949	0.48296	0.11078
	2	1	27	0.07796	0.67427	0.18918	0.12496	2.64090	0.44785	8.36379	0.87207	0.16485
		2	38	0.03664	0.47288	0.16439	0.09088	1.08550	0.38282	1.96477	0.74970	0.14085
		3	12	0.08320	0.32716	0.17544	0.06484	1.11695	0.63730	1.66841	1.23225	0.16543
		4	5	0.06897	0.57847	0.26938	0.21062	0.89152	0.91287	-0.78607	2.00000	0.20551
		Total	82	0.03664	0.67427	0.18057	0.11038	2.07885	0.26572	5.94203	0.52562	0.15541
	3	1	41	0.00719	0.79762	0.18653	0.17272	1.80526	0.36950	3.69054	0.72448	0.11695
		2	42	0.01457	0.82070	0.13320	0.15625	2.62578	0.36536	8.47298	0.71663	0.08233
		3	3	0.05148	0.11197	0.07532	0.03222	1.50674	1.22474	.	.	0.07116
		4	6	0.05717	0.59961	0.28130	0.22694	0.42622	0.84515	-1.79881	1.74078	0.19426
		Total	92	0.00719	0.82070	0.16474	0.16970	1.93300	0.25134	3.93753	0.49771	0.10133
PinC	1	1	46	0.00035	0.00742	0.00305	0.00132	0.73983	0.35010	1.34702	0.68763	0.00274
		2	44	0.00020	0.00720	0.00272	0.00146	0.79142	0.35748	1.98961	0.70168	0.00218
		3	3	0.00318	0.00397	0.00367	0.00042	-1.56878	1.22474	.	.	0.00365
		4	5	0.00172	0.00373	0.00313	0.00081	-1.95418	0.91287	3.99318	2.00000	0.00302
		Total	98	0.00020	0.00742	0.00292	0.00135	0.63102	0.24376	1.55370	0.48296	0.00251
	2	1	27	0.00062	0.00730	0.00334	0.00152	0.17890	0.44785	0.58055	0.87207	0.00291
		2	38	0.00034	0.00459	0.00265	0.00102	0.05934	0.38282	-0.29691	0.74970	0.00240
		3	12	0.00097	0.00681	0.00295	0.00165	1.18327	0.63730	1.64492	1.23225	0.00256
		4	5	0.00140	0.00649	0.00315	0.00211	1.20282	0.91287	1.00344	2.00000	0.00264

5. Resultados

TiinC	3	Total	82	0.00034	0.00730	0.00295	0.00138	0.66860	0.26572	0.80478	0.52562	0.00260
		1	41	0.00010	0.00740	0.00279	0.00129	1.18184	0.36950	3.17858	0.72448	0.00243
		2	42	0.00091	0.00867	0.00245	0.00143	2.37171	0.36536	7.79750	0.71663	0.00216
		3	3	0.00137	0.00339	0.00212	0.00111	1.66032	1.22474	.	.	0.00195
	1	4	6	0.00139	0.00658	0.00321	0.00192	1.32390	0.84515	1.09480	1.74078	0.00281
		Total	92	0.00010	0.00867	0.00264	0.00140	1.70597	0.25134	4.32083	0.49771	0.00231
		1	46	0.00151	0.00434	0.00270	0.00053	1.19641	0.35010	2.13079	0.68763	0.00266
		2	44	0.00196	0.00447	0.00267	0.00074	1.34212	0.35748	0.53762	0.70168	0.00259
	2	3	3	0.00229	0.00365	0.00293	0.00068	0.59782	1.22474	.	.	0.00288
		4	5	0.00234	0.00357	0.00280	0.00048	1.21554	0.91287	1.47224	2.00000	0.00277
		Total	98	0.00151	0.00447	0.00270	0.00063	1.24976	0.24376	0.97481	0.48296	0.00264
		1	27	0.00190	0.00455	0.00304	0.00067	0.61633	0.44785	0.35089	0.87207	0.00297
MninC	3	2	38	0.00186	0.00454	0.00288	0.00057	0.76230	0.38282	1.02487	0.74970	0.00283
		3	12	0.00180	0.00392	0.00284	0.00058	-0.03579	0.63730	-0.00607	1.23225	0.00278
		4	5	0.00251	0.00293	0.00271	0.00016	0.18177	0.91287	-0.41297	2.00000	0.00271
		Total	82	0.00180	0.00455	0.00292	0.00059	0.70385	0.26572	0.77022	0.52562	0.00286
	1	1	41	0.00149	0.00503	0.00279	0.00085	1.13816	0.36950	0.64103	0.72448	0.00267
		2	42	0.00180	0.00548	0.00285	0.00093	1.19121	0.36536	0.49632	0.71663	0.00272
		3	3	0.00260	0.00264	0.00261	0.00002	1.72216	1.22474	.	.	0.00261
		4	6	0.00211	0.00399	0.00287	0.00086	0.85236	0.84515	-1.86854	1.74078	0.00277
	2	Total	92	0.00149	0.00548	0.00281	0.00087	1.16662	0.25134	0.53911	0.49771	0.00270
		1	46	0.00073	0.00513	0.00130	0.00064	4.85825	0.35010	28.60811	0.68763	0.00122
		2	44	0.00075	0.00210	0.00103	0.00028	1.87543	0.35748	4.28944	0.70168	0.00100
		3	3	0.00107	0.00149	0.00124	0.00022	1.29075	1.22474	.	.	0.00123
CuinC	3	4	5	0.00107	0.00154	0.00122	0.00019	1.67899	0.91287	2.98303	2.00000	0.00121
		Total	98	0.00073	0.00513	0.00117	0.00050	5.45844	0.24376	41.70107	0.48296	0.00112
		1	27	0.00068	0.00208	0.00126	0.00034	0.28856	0.44785	-0.44212	0.87207	0.00122
		2	38	0.00069	0.00279	0.00111	0.00038	2.44355	0.38282	9.04980	0.74970	0.00106
	1	3	12	0.00069	0.00182	0.00108	0.00030	1.26862	0.63730	2.46532	1.23225	0.00104
		4	5	0.00092	0.00179	0.00136	0.00038	-0.26900	0.91287	-2.40436	2.00000	0.00132
		Total	82	0.00068	0.00279	0.00117	0.00037	1.39181	0.26572	3.57623	0.52562	0.00112
		1	41	0.00044	0.00161	0.00073	0.00020	2.35513	0.36950	9.24065	0.72448	0.00071
	2	2	42	0.00039	0.00097	0.00068	0.00012	0.23595	0.36536	0.34281	0.71663	0.00067
		3	3	0.00058	0.00078	0.00071	0.00011	-1.65683	1.22474	.	.	0.00070
		4	6	0.00057	0.00110	0.00081	0.00022	0.24396	0.84515	-1.94015	1.74078	0.00079
		Total	92	0.00039	0.00161	0.00071	0.00017	1.97387	0.25134	8.52823	0.49771	0.00070
ZninC	3	1	46	0.00041	0.00709	0.00237	0.00135	1.26205	0.35010	2.27997	0.68763	0.00201
		2	44	0.00034	0.00315	0.00143	0.00075	0.84120	0.35748	-0.14518	0.70168	0.00125
		3	3	0.00144	0.00279	0.00213	0.00068	-0.15093	1.22474	.	.	0.00205
		4	5	0.00161	0.00439	0.00265	0.00115	1.04320	0.91287	-0.30647	2.00000	0.00247
	1	Total	98	0.00034	0.00709	0.00195	0.00117	1.45467	0.24376	3.22853	0.48296	0.00165
		1	27	0.00030	0.00497	0.00227	0.00129	0.43157	0.44785	-0.64029	0.87207	0.00187
		2	38	0.00041	0.00979	0.00189	0.00167	3.11884	0.38282	13.16900	0.74970	0.00147
		3	12	0.00037	0.00237	0.00123	0.00061	0.55802	0.63730	-0.44202	1.23225	0.00108
	2	4	5	0.00071	0.00234	0.00172	0.00065	-1.01834	0.91287	0.91737	2.00000	0.00159
		Total	82	0.00030	0.00979	0.00191	0.00141	2.51859	0.26572	10.96521	0.52562	0.00153
		1	41	0.00001	0.00125	0.00049	0.00041	0.36269	0.36950	-1.20911	0.72448	0.00024
		2	42	0.00001	0.01469	0.00084	0.00230	5.64749	0.36536	34.20900	0.71663	0.00021
	3	3	3	0.00017	0.00112	0.00060	0.00048	0.81999	1.22474	.	.	0.00046
		4	6	0.00010	0.00152	0.00070	0.00049	0.83589	0.84515	0.88588	1.74078	0.00053
		Total	92	0.00001	0.01469	0.00066	0.00158	7.91948	0.25134	69.92496	0.49771	0.00024
		1	46	0.01385	0.34298	0.06806	0.06180	2.63021	0.35010	8.42261	0.68763	0.05202
ZninC	1	2	44	0.00675	0.14606	0.04141	0.02922	1.44438	0.35748	2.59139	0.70168	0.03267
		3	3	0.02209	0.04321	0.03347	0.01066	-0.68010	1.22474	.	.	0.03224

5. Resultados

		4	5	0.03062	0.05590	0.04642	0.00960	-1.39992	0.91287	2.44718	2.00000	0.04550
	Total	98		0.00675	0.34298	0.05393	0.04835	3.17388	0.24376	14.00122	0.48296	0.04132
AsinC	2	1	27	0.00375	0.28447	0.10884	0.07097	0.99175	0.44785	0.59316	0.87207	0.08350
		2	38	0.00860	0.35438	0.07614	0.06601	2.38016	0.38282	7.85351	0.74970	0.05638
		3	12	0.02950	0.12450	0.06670	0.03063	0.93094	0.63730	-0.23168	1.23225	0.06088
		4	5	0.06102	0.22200	0.13812	0.06623	0.30413	0.91287	-1.87052	2.00000	0.12481
	Total	82		0.00375	0.35438	0.08930	0.06620	1.60183	0.26572	3.14500	0.52562	0.06811
	3	1	41	0.00033	0.00770	0.00195	0.00130	2.24595	0.36950	8.55801	0.72448	0.00160
		2	42	0.00027	0.00543	0.00171	0.00122	1.41516	0.36536	1.61267	0.71663	0.00137
		3	3	0.00108	0.00204	0.00145	0.00051	1.52265	1.22474	.	.	0.00140
		4	6	0.00079	0.00442	0.00247	0.00118	0.46279	0.84515	1.72495	1.74078	0.00220
	Total	92		0.00027	0.00770	0.00186	0.00124	1.73798	0.25134	4.86512	0.49771	0.00151
	1	1	46	0.00004	0.00041	0.00012	0.00008	2.23547	0.35010	6.26400	0.68763	0.00010
		2	44	0.00003	0.00041	0.00009	0.00006	3.40060	0.35748	15.75451	0.70168	0.00008
		3	3	0.00009	0.00011	0.00010	0.00001	-0.03023	1.22474	.	.	0.00010
		4	5	0.00008	0.00016	0.00012	0.00004	0.27442	0.91287	-2.80997	2.00000	0.00011
	Total	98		0.00003	0.00041	0.00011	0.00007	2.65404	0.24376	9.13898	0.48296	0.00009
RbinC	2	1	27	0.00003	0.00051	0.00017	0.00010	1.66800	0.44785	4.43720	0.87207	0.00014
		2	38	0.00004	0.00045	0.00014	0.00010	1.63752	0.38282	2.17646	0.74970	0.00012
		3	12	0.00006	0.00045	0.00012	0.00011	3.10717	0.63730	10.16421	1.23225	0.00010
		4	5	0.00007	0.00017	0.00012	0.00004	0.26110	0.91287	0.31181	2.00000	0.00011
	Total	82		0.00003	0.00051	0.00015	0.00010	1.77879	0.26572	3.20542	0.52562	0.00012
	3	1	41	0.00001	0.00014	0.00005	0.00003	1.93520	0.36950	4.93673	0.72448	0.00004
		2	42	0.00002	0.00019	0.00004	0.00003	4.10164	0.36536	21.45279	0.71663	0.00004
		3	3	0.00003	0.00005	0.00004	0.00001	-0.95183	1.22474	.	.	0.00004
		4	6	0.00004	0.00011	0.00007	0.00003	0.83330	0.84515	-1.72669	1.74078	0.00006
	Total	92		0.00001	0.00019	0.00005	0.00003	2.79128	0.25134	10.75328	0.49771	0.00004
	1	1	46	0.00005	0.00016	0.00008	0.00002	1.69356	0.35010	6.40484	0.68763	0.00008
		2	44	0.00006	0.00011	0.00008	0.00001	-0.07845	0.35748	-0.76607	0.70168	0.00008
		3	3	0.00008	0.00009	0.00008	0.00000	1.69674	1.22474	.	.	0.00008
		4	5	0.00007	0.00010	0.00008	0.00001	-0.37641	0.91287	0.49784	2.00000	0.00008
	Total	98		0.00005	0.00016	0.00008	0.00001	1.25827	0.24376	5.58124	0.48296	0.00008
	2	1	27	0.00006	0.00012	0.00009	0.00001	0.18503	0.44785	-0.40475	0.87207	0.00009
		2	38	0.00006	0.00010	0.00008	0.00001	0.41900	0.38282	0.74827	0.74970	0.00008
		3	12	0.00006	0.00011	0.00008	0.00001	0.66550	0.63730	-0.42468	1.23225	0.00008
		4	5	0.00008	0.00009	0.00008	0.00001	1.86527	0.91287	3.73968	2.00000	0.00008
	Total	82		0.00006	0.00012	0.00008	0.00001	0.69176	0.26572	0.34956	0.52562	0.00008
	3	1	41	0.00006	0.00037	0.00010	0.00006	4.05623	0.36950	17.24712	0.72448	0.00009
		2	42	0.00006	0.00016	0.00009	0.00002	1.50002	0.36536	4.69786	0.71663	0.00008
		3	3	0.00007	0.00009	0.00008	0.00001	-0.52273	1.22474	.	.	0.00008
		4	6	0.00008	0.00012	0.00009	0.00002	1.29952	0.84515	1.34512	1.74078	0.00009
	Total	92		0.00006	0.00037	0.00009	0.00004	5.20353	0.25134	32.11004	0.49771	0.00009
SrinC	1	1	46	0.00044	0.00127	0.00074	0.00013	1.43979	0.35010	5.78179	0.68763	0.00073
		2	44	0.00043	0.00124	0.00080	0.00017	0.23061	0.35748	1.15659	0.70168	0.00078
		3	3	0.00064	0.00083	0.00073	0.00010	0.24003	1.22474	.	.	0.00073
		4	5	0.00074	0.00094	0.00082	0.00008	0.66881	0.91287	-0.08400	2.00000	0.00082
	Total	98		0.00043	0.00127	0.00077	0.00015	0.71959	0.24376	2.27816	0.48296	0.00076
	2	1	27	0.00045	0.00073	0.00057	0.00007	0.51996	0.44785	-0.08997	0.87207	0.00057
		2	38	0.00042	0.00072	0.00060	0.00007	-0.80116	0.38282	1.03578	0.74970	0.00060
		3	12	0.00044	0.00070	0.00055	0.00008	0.45531	0.63730	0.10828	1.23225	0.00055
		4	5	0.00048	0.00066	0.00059	0.00007	-1.07132	0.91287	1.27009	2.00000	0.00059
	Total	82		0.00042	0.00073	0.00058	0.00007	-0.17858	0.26572	-0.34971	0.52562	0.00058
	3	1	41	0.00039	0.00090	0.00064	0.00009	0.18233	0.36950	1.91563	0.72448	0.00063
		2	42	0.00039	0.00094	0.00063	0.00012	0.45680	0.36536	0.24739	0.71663	0.00062

5. Resultados

ZrinC	1	3	3	0.00058	0.00067	0.00061	0.00005	1.68761	1.22474	.	.	0.00061
		4	6	0.00044	0.00072	0.00060	0.00011	-0.52370	0.84515	-1.11359	1.74078	0.00059
		Total	92	0.00039	0.00094	0.00063	0.00010	0.30470	0.25134	0.74672	0.49771	0.00062
		1	46	0.00000	0.00116	0.00013	0.00018	4.10320	0.35010	22.01241	0.68763	0.00005
		2	44	0.00000	0.00139	0.00021	0.00028	2.21854	0.35748	6.69826	0.70168	0.00005
		3	3	0.00005	0.00020	0.00011	0.00008	1.50174	1.22474	.	.	0.00009
	2	4	5	0.00000	0.00046	0.00019	0.00020	0.41874	0.91287	-1.49538	2.00000	0.00006
		Total	98	0.00000	0.00139	0.00017	0.00023	2.82865	0.24376	10.66359	0.48296	0.00005
		1	27	0.00033	0.00335	0.00102	0.00059	2.45381	0.44785	9.19917	0.87207	0.00090
		2	38	0.00001	0.00229	0.00101	0.00049	0.57108	0.38282	0.27936	0.74970	0.00084
		3	12	0.00084	0.00254	0.00132	0.00055	1.27941	0.63730	0.81860	1.23225	0.00123
		4	5	0.00046	0.00167	0.00111	0.00046	-0.29622	0.91287	-0.02721	2.00000	0.00101
CdinC	1	Total	82	0.00001	0.00335	0.00107	0.00053	1.36398	0.26572	3.64056	0.52562	0.00092
		1	41	0.00002	0.00187	0.00053	0.00040	1.46364	0.36950	2.41620	0.72448	0.00039
		2	42	0.00005	0.00236	0.00039	0.00041	3.04343	0.36536	12.91186	0.71663	0.00026
		3	3	0.00026	0.00040	0.00033	0.00007	-0.36447	1.22474	.	.	0.00033
		4	6	0.00014	0.00122	0.00052	0.00037	1.68972	0.84515	3.55447	1.74078	0.00042
		Total	92	0.00002	0.00236	0.00046	0.00040	2.12943	0.25134	6.33597	0.49771	0.00032
	2	1	46	0.00001	0.00092	0.00010	0.00014	4.94231	0.35010	28.49489	0.68763	0.00006
		2	44	0.00000	0.00031	0.00005	0.00005	3.51636	0.35748	16.58911	0.70168	0.00004
		3	3	0.00001	0.00007	0.00005	0.00003	-1.73162	1.22474	.	.	0.00004
		4	5	0.00002	0.00016	0.00009	0.00005	0.34995	0.91287	0.73238	2.00000	0.00007
		Total	98	0.00000	0.00092	0.00008	0.00010	6.08008	0.24376	46.94122	0.48296	0.00005
		1	27	0.00001	0.00026	0.00008	0.00006	1.52675	0.44785	3.12131	0.87207	0.00006
SninC	1	2	38	0.00001	0.00032	0.00006	0.00007	3.08230	0.38282	10.26361	0.74970	0.00004
		3	12	0.00001	0.00034	0.00007	0.00009	3.00018	0.63730	9.65301	1.23225	0.00004
		4	5	0.00003	0.00026	0.00014	0.00011	0.44224	0.91287	-3.12295	2.00000	0.00010
		Total	82	0.00001	0.00034	0.00007	0.00007	2.29082	0.26572	5.24704	0.52562	0.00005
		1	41	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	2.92450	0.36950	10.75148	0.72448	0.00001
		2	42	0.00000	0.00006	0.00001	0.00001	2.07437	0.36536	4.68165	0.71663	0.00001
	2	3	3	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	1.60615	1.22474	.	.	0.00001
		4	6	0.00001	0.00006	0.00003	0.00002	0.78995	0.84515	-1.24789	1.74078	0.00002
		Total	92	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	2.72035	0.25134	10.07411	0.49771	0.00001
		1	46	0.00003	0.00074	0.00026	0.00015	0.95428	0.35010	1.04718	0.68763	0.00021
		2	44	0.00003	0.00045	0.00018	0.00009	1.27510	0.35748	1.72653	0.70168	0.00016
		3	3	0.00022	0.00026	0.00023	0.00002	1.52406	1.22474	.	.	0.00023
SbinC	1	4	5	0.00021	0.00028	0.00024	0.00003	0.52472	0.91287	-2.92371	2.00000	0.00024
		Total	98	0.00003	0.00074	0.00022	0.00013	1.31400	0.24376	2.42549	0.48296	0.00019
		1	27	0.00009	0.00086	0.00038	0.00019	0.63570	0.44785	0.54743	0.87207	0.00033
		2	38	0.00006	0.00058	0.00028	0.00015	0.49639	0.38282	-0.89815	0.74970	0.00025
		3	12	0.00012	0.00043	0.00027	0.00009	0.44467	0.63730	-0.33864	1.23225	0.00025
		4	5	0.00014	0.00048	0.00029	0.00013	0.32878	0.91287	-0.79783	2.00000	0.00027
	2	Total	82	0.00006	0.00086	0.00031	0.00016	0.81880	0.26572	0.78789	0.52562	0.00027
		1	41	0.00000	0.00085	0.00013	0.00021	2.32111	0.36950	4.54652	0.72448	0.00003
		2	42	0.00000	0.00130	0.00016	0.00024	3.11916	0.36536	12.07380	0.71663	0.00007
		3	3	0.00000	0.00019	0.00009	0.00010	0.51538	1.22474	.	.	0.00002
		4	6	0.00005	0.00140	0.00034	0.00052	2.30293	0.84515	5.41036	1.74078	0.00016
		Total	92	0.00000	0.00140	0.00016	0.00025	3.05243	0.25134	10.69972	0.49771	0.00005
SbinC	1	1	46	0.00006	0.00105	0.00043	0.00024	0.88403	0.35010	0.28798	0.68763	0.00037
		2	44	0.00006	0.00077	0.00030	0.00016	1.12224	0.35748	1.27847	0.70168	0.00027
		3	3	0.00037	0.00050	0.00044	0.00006	-0.56545	1.22474	.	.	0.00044
		4	5	0.00038	0.00059	0.00047	0.00008	0.97363	0.91287	1.86444	2.00000	0.00046
		Total	98	0.00006	0.00105	0.00038	0.00020	1.09043	0.24376	1.21929	0.48296	0.00032
		1	27	0.00009	0.00131	0.00048	0.00031	0.97280	0.44785	0.55249	0.87207	0.00039

5. Resultados

LainC	3	2	38	0.00005	0.00394	0.00038	0.00062	5.41859	0.38282	31.58815	0.74970	0.00025
		3	12	0.00011	0.00075	0.00027	0.00018	2.15449	0.63730	5.36704	1.23225	0.00023
		4	5	0.00018	0.00046	0.00031	0.00011	0.36173	0.91287	0.03179	2.00000	0.00030
		Total	82	0.00005	0.00394	0.00039	0.00047	5.76757	0.26572	42.33079	0.52562	0.00029
	1	1	41	0.00002	0.00056	0.00011	0.00011	2.72140	0.36950	8.63809	0.72448	0.00008
		2	42	0.00001	0.00042	0.00008	0.00007	2.87561	0.36536	11.05787	0.71663	0.00006
		3	3	0.00005	0.00008	0.00007	0.00002	-1.62250	1.22474	.	.	0.00007
		4	6	0.00008	0.00021	0.00013	0.00004	1.22157	0.84515	2.91630	1.74078	0.00013
	2	Total	92	0.00001	0.00056	0.00010	0.00009	2.95021	0.25134	11.16620	0.49771	0.00007
		1	46	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	0.19958	0.35010	-0.71369	0.68763	0.00002
		2	44	0.00001	0.00005	0.00003	0.00001	0.14448	0.35748	-0.47248	0.70168	0.00003
		3	3	0.00002	0.00003	0.00003	0.00000	-1.16507	1.22474	.	.	0.00003
CeinC	3	4	5	0.00001	0.00004	0.00003	0.00001	-0.55896	0.91287	-0.71008	2.00000	0.00002
		Total	98	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	0.02695	0.24376	-0.55987	0.48296	0.00003
	1	1	27	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	0.00228	0.44785	-0.17858	0.87207	0.00002
		2	38	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	-0.06349	0.38282	-0.58365	0.74970	0.00002
		3	12	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	-0.28501	0.63730	-1.51108	1.23225	0.00001
		4	5	0.00002	0.00003	0.00003	0.00001	-0.25521	0.91287	-2.16331	2.00000	0.00003
	2	Total	82	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.12049	0.26572	-0.44166	0.52562	0.00002
		1	41	0.00001	0.00005	0.00002	0.00001	0.63965	0.36950	1.54011	0.72448	0.00002
		2	42	0.00001	0.00004	0.00003	0.00001	0.54718	0.36536	-0.25768	0.71663	0.00003
		3	3	0.00002	0.00003	0.00003	0.00001	-1.72476	1.22474	.	.	0.00002
	3	4	6	0.00002	0.00005	0.00003	0.00001	0.75630	0.84515	-1.79310	1.74078	0.00003
		Total	92	0.00001	0.00005	0.00003	0.00001	0.45853	0.25134	0.73639	0.49771	0.00002
PrinC	1	1	46	0.00002	0.00010	0.00006	0.00002	0.35603	0.35010	0.35076	0.68763	0.00006
		2	44	0.00004	0.00010	0.00006	0.00002	0.86310	0.35748	-0.20091	0.70168	0.00006
		3	3	0.00006	0.00007	0.00006	0.00000	-0.14723	1.22474	.	.	0.00006
		4	5	0.00005	0.00009	0.00007	0.00002	0.08528	0.91287	1.00137	2.00000	0.00007
	2	Total	98	0.00002	0.00010	0.00006	0.00002	0.52946	0.24376	0.03639	0.48296	0.00006
		1	27	0.00000	0.00012	0.00006	0.00003	-0.14369	0.44785	-0.57829	0.87207	0.00005
		2	38	0.00000	0.00013	0.00005	0.00003	-0.16949	0.38282	-0.59891	0.74970	0.00003
		3	12	0.00000	0.00008	0.00005	0.00003	-0.18083	0.63730	-1.73974	1.23225	0.00002
	3	4	5	0.00000	0.00007	0.00004	0.00003	-1.04527	0.91287	1.25421	2.00000	0.00002
		Total	82	0.00000	0.00013	0.00005	0.00003	-0.14409	0.26572	-0.70048	0.52562	0.00003
		1	41	0.00000	0.00009	0.00005	0.00002	0.07054	0.36950	0.60419	0.72448	0.00004
		2	42	0.00002	0.00009	0.00005	0.00002	0.85124	0.36536	0.19919	0.71663	0.00005
PrinC	1	3	3	0.00004	0.00006	0.00005	0.00001	-1.27550	1.22474	.	.	0.00005
		4	6	0.00003	0.00007	0.00005	0.00002	0.30430	0.84515	-1.61432	1.74078	0.00005
		Total	92	0.00000	0.00009	0.00005	0.00002	0.31935	0.25134	0.50039	0.49771	0.00004
	2	1	46	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.62825	0.35010	0.20888	0.68763	0.00001
		2	44	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.43152	0.35748	0.35440	0.70168	0.00001
		3	3	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.83014	1.22474	.	.	0.00001
		4	5	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	1.01365	0.91287	1.82730	2.00000	0.00001
	3	Total	98	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.56154	0.24376	0.20487	0.48296	0.00001
		1	27	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	-0.14449	0.44785	-0.51206	0.87207	0.00000
		2	38	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	-0.36716	0.38282	-1.10761	0.74970	0.00000
		3	12	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	-0.00703	0.63730	-1.64084	1.23225	0.00000
PrinC	1	4	5	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	-1.40417	0.91287	2.12094	2.00000	0.00000
		Total	82	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	-0.20700	0.26572	-0.90876	0.52562	0.00000
	2	1	41	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	1.60586	0.36950	3.62372	0.72448	0.00000
		2	42	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.50572	0.36536	-0.47663	0.71663	0.00001
		3	3	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	1.05198	1.22474	.	.	0.00001
		4	6	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.71238	0.84515	-2.03579	1.74078	0.00001
	3	Total	92	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	2.21935	0.25134	7.08329	0.49771	0.00001

5. Resultados

NdinC	1	1	46	0.00000	0.00006	0.00002	0.00001	0.35365	0.35010	-0.25866	0.68763	0.00002
		2	44	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	-0.03141	0.35748	-0.77071	0.70168	0.00002
		3	3	0.00002	0.00002	0.00002	0.00000	-1.21268	1.22474	.	.	0.00002
		4	5	0.00002	0.00006	0.00004	0.00002	-0.32400	0.91287	-0.74302	2.00000	0.00004
		Total	98	0.00000	0.00006	0.00003	0.00001	0.20417	0.24376	-0.44729	0.48296	0.00002
	2	1	27	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.22281	0.44785	-0.66099	0.87207	0.00002
		2	38	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	-0.45490	0.38282	-1.21010	0.74970	0.00001
		3	12	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	-0.01380	0.63730	-1.70492	1.23225	0.00001
		4	5	0.00000	0.00003	0.00002	0.00001	-1.18378	0.91287	1.45636	2.00000	0.00001
		Total	82	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	-0.26462	0.26572	-1.02891	0.52562	0.00001
	3	1	41	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	0.45047	0.36950	1.28550	0.72448	0.00002
		2	42	0.00000	0.00004	0.00002	0.00001	0.15692	0.36536	-0.07551	0.71663	0.00002
		3	3	0.00002	0.00003	0.00002	0.00001	0.56350	1.22474	.	.	0.00002
		4	6	0.00001	0.00004	0.00003	0.00001	0.31723	0.84515	-1.01789	1.74078	0.00002
		Total	92	0.00000	0.00005	0.00002	0.00001	0.26495	0.25134	0.40018	0.49771	0.00002
HfinC	1	1	46	0.00000	0.00014	0.00003	0.00003	2.02615	0.35010	4.41336	0.68763	0.00001
		2	44	0.00000	0.00017	0.00004	0.00004	1.29496	0.35748	1.81363	0.70168	0.00002
		3	3	0.00002	0.00008	0.00004	0.00004	1.73057	1.22474	.	.	0.00003
		4	5	0.00000	0.00009	0.00002	0.00004	2.23592	0.91287	4.99948	2.00000	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00017	0.00003	0.00004	1.54175	0.24376	2.34315	0.48296	0.00001
	2	1	27	0.00000	0.00016	0.00004	0.00003	1.85582	0.44785	6.44781	0.87207	0.00003
		2	38	0.00000	0.00011	0.00005	0.00003	0.41784	0.38282	-0.34049	0.74970	0.00004
		3	12	0.00004	0.00014	0.00007	0.00003	1.58324	0.63730	2.29717	1.23225	0.00006
		4	5	0.00002	0.00007	0.00005	0.00002	-0.54367	0.91287	1.28975	2.00000	0.00005
		Total	82	0.00000	0.00016	0.00005	0.00003	1.06182	0.26572	2.32885	0.52562	0.00004
	3	1	41	0.00000	0.00031	0.00008	0.00008	1.42869	0.36950	1.85350	0.72448	0.00002
		2	42	0.00000	0.00020	0.00003	0.00005	2.02974	0.36536	3.53810	0.71663	0.00001
		3	3	0.00000	0.00007	0.00003	0.00004	1.59571	1.22474	.	.	0.00001
		4	6	0.00000	0.00010	0.00003	0.00004	1.92728	0.84515	3.93020	1.74078	0.00001
		Total	92	0.00000	0.00031	0.00005	0.00007	1.87046	0.25134	3.69353	0.49771	0.00001
ThinC	1	1	46	0.00000	0.00005	0.00001	0.00001	1.26857	0.35010	2.36101	0.68763	0.00001
		2	44	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	3.57491	0.35748	17.99430	0.70168	0.00001
		3	3	0.00000	0.00003	0.00002	0.00002	0.64214	1.22474	.	.	0.00001
		4	5	0.00001	0.00002	0.00001	0.00000	-2.04452	0.91287	4.31987	2.00000	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	2.27733	0.24376	9.34291	0.48296	0.00001
	2	1	27	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.08881	0.44785	0.02281	0.87207	0.00001
		2	38	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	-0.54759	0.38282	-0.41334	0.74970	0.00001
		3	12	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	-0.63591	0.63730	-0.72861	1.23225	0.00001
		4	5	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000	2.08882	0.91287	4.44728	2.00000	0.00001
		Total	82	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	-0.22058	0.26572	-0.53163	0.52562	0.00001
	3	1	41	0.00000	0.00002	0.00000	0.00000	1.07090	0.36950	1.91372	0.72448	0.00000
		2	42	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.52746	0.36536	-0.21137	0.71663	0.00000
		3	3	0.00000	0.00001	0.00000	0.00001	1.73205	1.22474	.	.	0.00000
		4	6	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.10211	0.84515	0.17719	1.74078	0.00000
		Total	92	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.69833	0.25134	0.38639	0.49771	0.00000

e) Conjunto de datos en la fracción PM_{2.5}.

	Viento	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM _{2.5} M	1	78	7.87068	44.00000	22.05783	9.01596	0.47585	0.27221	-0.40217	0.53818	20.19216
	2	84	7.00000	47.00000	23.01204	8.22714	0.93498	0.26265	0.77367	0.51966	21.65871
	3	16	4.71546	28.28244	18.53639	5.81620	-0.46227	0.56431	1.04862	1.09077	17.37074

5. Resultados

	4	10	16.00000	51.16672	28.14966	10.81626	1.04873	0.68704	1.12143	1.33425	26.45309
	Total	188	4.71546	51.16672	22.50852	8.66650	0.74155	0.17724	0.47763	0.35269	20.86720
Al ₂ O ₃	1	78	0.01663	2.30700	0.32404	0.34876	3.21427	0.27221	14.70620	0.53818	0.19531
	2	84	0.01663	2.79995	0.48593	0.44978	3.03154	0.26265	11.67362	0.51966	0.36037
	3	16	0.03327	1.00162	0.45304	0.29731	0.55844	0.56431	-0.71954	1.09077	0.34062
	4	10	0.15301	3.10998	0.75351	0.98715	1.94273	0.68704	3.27082	1.33425	0.40593
	Total	188	0.01663	3.10998	0.43020	0.45343	3.18366	0.17724	13.08199	0.35269	0.27993
Ca _{sol}	1	17	0.09000	1.40000	0.55364	0.34804	1.10048	0.54975	0.83195	1.06320	0.45548
	2	22	0.22000	2.03285	0.60088	0.43208	1.92765	0.49096	4.72188	0.95278	0.49325
	3	5	0.18000	0.57437	0.36487	0.14434	0.38784	0.91287	0.94947	2.00000	0.34083
	4	2	0.37000	1.10368	0.73684	0.51879	.	.	.	.	0.63903
	Total	46	0.09000	2.03285	0.56368	0.38008	1.72113	0.35010	3.84208	0.68763	0.46529
Na	1	78	0.00503	1.00294	0.20415	0.18588	2.29863	0.27221	6.94765	0.53818	0.13825
	2	84	0.04207	1.35181	0.37247	0.31991	1.15243	0.26265	0.75547	0.51966	0.24949
	3	16	0.03536	1.14812	0.45405	0.31992	0.62569	0.56431	-0.35622	1.09077	0.32825
	4	10	0.04055	0.76680	0.31726	0.27112	0.83891	0.68704	-0.58643	1.33425	0.21087
	Total	188	0.00503	1.35181	0.30664	0.28212	1.46945	0.17724	1.78914	0.35269	0.19812
Mg	1	78	0.00033	0.46152	0.09234	0.09093	2.04972	0.27221	4.81402	0.53818	0.05715
	2	84	0.00569	0.48648	0.15458	0.11174	1.15205	0.26265	0.81245	0.51966	0.11627
	3	16	0.03721	0.46174	0.14440	0.10072	2.19706	0.56431	6.43134	1.09077	0.12027
	4	10	0.02751	0.86359	0.21041	0.25730	2.09662	0.68704	4.95789	1.33425	0.11072
	Total	188	0.00033	0.86359	0.13086	0.11905	2.18731	0.17724	7.77172	0.35269	0.08662
Fe	1	78	0.01601	0.82239	0.15694	0.14825	1.91867	0.27221	4.62958	0.53818	0.10644
	2	84	0.01104	0.94343	0.17726	0.16216	2.77445	0.26265	9.36064	0.51966	0.13240
	3	16	0.05528	0.27811	0.15660	0.06998	0.11109	0.56431	-1.28643	1.09077	0.14042
	4	10	0.05745	1.10480	0.28899	0.35466	1.67913	0.68704	2.23926	1.33425	0.15698
	Total	188	0.01104	1.10480	0.17301	0.16741	2.67168	0.17724	9.20136	0.35269	0.12265
SO ₄ ²⁻	1	78	0.62468	8.00087	3.38394	1.69751	0.50384	0.27221	-0.37814	0.53818	2.93020
	2	84	0.86702	10.88778	4.41737	2.17472	0.74408	0.26265	0.27801	0.51966	3.88139
	3	16	1.10025	6.34376	4.03780	1.63862	-0.15726	0.56431	-1.19881	1.09077	3.66233
	4	10	2.22321	5.87724	3.89855	1.37077	0.43218	0.68704	-1.64899	1.33425	3.68789
	Total	188	0.62468	10.88778	3.92871	1.95540	0.74144	0.17724	0.53080	0.35269	3.42771
Cl ⁻	1	62	0.09099	0.75235	0.38194	0.14771	0.38048	0.30390	0.40099	0.59929	0.34961
	2	67	0.00000	0.96992	0.31183	0.17731	0.95308	0.29284	2.43344	0.57800	0.00000
	3	8	0.04351	0.36000	0.19062	0.12678	0.16624	0.75210	-1.89634	1.48088	0.14650
	4	7	0.09255	0.42000	0.30531	0.10720	-1.49406	0.79373	2.56589	1.58745	0.27990
	Total	144	0.00000	0.96992	0.33497	0.16584	0.58539	0.20204	1.31956	0.40144	0.00000
NH ₄ ⁺	1	62	0.17000	4.50000	1.70844	1.01729	0.63696	0.30390	0.01471	0.59929	1.38492
	2	67	0.10000	11.60000	2.05416	1.65423	3.38966	0.29284	16.83250	0.57800	1.62034
	3	8	1.02000	2.16380	1.56779	0.40330	-0.18394	0.75210	-0.68063	1.48088	1.51914
	4	7	0.52000	3.26260	1.87352	0.89330	0.08363	0.79373	0.00194	1.58745	1.64850
	Total	144	0.10000	11.60000	1.86951	1.33349	3.26215	0.20204	19.89978	0.40144	1.51028
Li	1	78	0.00001	0.00452	0.00023	0.00051	7.88914	0.27221	66.55819	0.53818	0.00014
	2	84	0.00001	0.00399	0.00030	0.00045	7.04248	0.26265	57.19932	0.51966	0.00021
	3	16	0.00008	0.00031	0.00018	0.00007	1.09849	0.56431	0.58380	1.09077	0.00017
	4	10	0.00001	0.00120	0.00029	0.00037	1.91676	0.68704	3.64822	1.33425	0.00013
	Total	188	0.00001	0.00452	0.00026	0.00045	7.63604	0.17724	65.95066	0.35269	0.00017
Ti	1	78	0.00096	0.06733	0.00982	0.01024	3.27533	0.27221	14.47138	0.53818	0.00685
	2	84	0.00216	0.08082	0.01328	0.01320	3.13978	0.26265	11.79241	0.51966	0.00987

5. Resultados

	3	16	0.00299	0.02052	0.01016	0.00557	0.86078	0.56431	-0.42857	1.09077	0.00884
	4	10	0.00427	0.09495	0.02175	0.03002	2.03177	0.68704	3.75978	1.33425	0.01129
	Total	188	0.00096	0.09495	0.01203	0.01321	3.49378	0.17724	15.07512	0.35269	0.00846
V	1	78	0.00005	0.02309	0.00488	0.00463	1.79041	0.27221	3.34118	0.53818	0.00309
	2	84	0.00061	0.05056	0.01224	0.01090	1.44354	0.26265	1.78647	0.51966	0.00810
	3	16	0.00077	0.01480	0.00625	0.00447	0.51736	0.56431	-1.10250	1.09077	0.00460
	4	10	0.00161	0.01692	0.00744	0.00512	0.74621	0.68704	-0.49759	1.33425	0.00584
	Total	188	0.00005	0.05056	0.00842	0.00875	2.09311	0.17724	5.14008	0.35269	0.00508
Cr	1	78	0.00002	0.00745	0.00100	0.00115	3.75919	0.27221	18.11592	0.53818	0.00058
	2	84	0.00002	0.00485	0.00136	0.00075	1.32937	0.26265	4.61217	0.51966	0.00109
	3	16	0.00002	0.00236	0.00107	0.00070	0.58248	0.56431	-0.27098	1.09077	0.00073
	4	10	0.00079	0.01865	0.00452	0.00634	1.88678	0.68704	2.25139	1.33425	0.00240
	Total	188	0.00002	0.01865	0.00136	0.00183	6.64453	0.17724	54.49499	0.35269	0.00085
Mn	1	78	0.00008	0.01446	0.00378	0.00326	1.34984	0.27221	1.22472	0.53818	0.00249
	2	84	0.00008	0.02828	0.00411	0.00372	3.79917	0.26265	21.34006	0.51966	0.00296
	3	16	0.00144	0.00702	0.00356	0.00175	0.53018	0.56431	-0.46251	1.09077	0.00316
	4	10	0.00135	0.02409	0.00644	0.00750	1.74965	0.68704	2.70414	1.33425	0.00381
	Total	188	0.00008	0.02828	0.00405	0.00372	2.93856	0.17724	13.36233	0.35269	0.00280
Ni	1	78	0.00016	0.01623	0.00250	0.00249	2.77863	0.27221	11.64079	0.53818	0.00160
	2	84	0.00021	0.01837	0.00543	0.00459	1.20985	0.26265	0.72786	0.51966	0.00364
	3	16	0.00016	0.00531	0.00249	0.00176	0.15165	0.56431	-1.22932	1.09077	0.00156
	4	10	0.00094	0.00947	0.00449	0.00270	0.43850	0.68704	-0.62136	1.33425	0.00367
	Total	188	0.00016	0.01837	0.00392	0.00382	1.81381	0.17724	3.30379	0.35269	0.00241
Zn	1	78	0.00009	0.30533	0.04600	0.06500	2.07792	0.27221	4.01445	0.53818	0.01846
	2	84	0.00175	1.01975	0.04922	0.11468	7.52152	0.26265	63.40715	0.51966	0.02240
	3	16	0.00764	0.48723	0.07620	0.11382	3.52750	0.56431	13.28709	1.09077	0.04365
	4	10	0.00018	0.24785	0.07533	0.08575	1.18763	0.68704	0.42019	1.33425	0.02458
	Total	188	0.00009	1.01975	0.05157	0.09522	6.52240	0.17724	59.13567	0.35269	0.02199
As	1	78	0.00002	0.00260	0.00059	0.00056	2.02243	0.27221	4.09804	0.53818	0.00040
	2	84	0.00013	0.00502	0.00075	0.00081	3.05721	0.26265	11.16918	0.51966	0.00053
	3	16	0.00015	0.00164	0.00059	0.00042	1.29185	0.56431	1.60318	1.09077	0.00047
	4	10	0.00019	0.00475	0.00108	0.00145	2.20882	0.68704	4.79163	1.33425	0.00059
	Total	188	0.00002	0.00502	0.00069	0.00074	3.08936	0.17724	12.11095	0.35269	0.00047
Rb	1	78	0.00010	0.00184	0.00039	0.00028	2.94956	0.27221	11.97892	0.53818	0.00033
	2	84	0.00011	0.00165	0.00043	0.00028	2.36797	0.26265	7.21049	0.51966	0.00037
	3	16	0.00014	0.00081	0.00038	0.00018	1.06626	0.56431	0.93750	1.09077	0.00034
	4	10	0.00017	0.00235	0.00064	0.00067	2.21920	0.68704	5.20084	1.33425	0.00046
	Total	188	0.00010	0.00235	0.00042	0.00031	3.03040	0.17724	12.61430	0.35269	0.00036
Sr	1	78	0.00006	0.00529	0.00163	0.00128	1.09812	0.27221	0.66397	0.53818	0.00109
	2	84	0.00029	0.00849	0.00233	0.00152	1.93136	0.26265	4.64903	0.51966	0.00194
	3	16	0.00092	0.00321	0.00186	0.00069	0.58662	0.56431	-0.42148	1.09077	0.00175
	4	10	0.00034	0.02182	0.00409	0.00652	2.69404	0.68704	7.67182	1.33425	0.00186
	Total	188	0.00006	0.02182	0.00209	0.00203	5.45061	0.17724	47.80668	0.35269	0.00151
Y	1	78	0.00001	0.00052	0.00013	0.00015	1.22610	0.27221	0.34155	0.53818	0.00006
	2	84	0.00001	0.00055	0.00016	0.00014	1.02462	0.26265	0.06363	0.51966	0.00009
	3	16	0.00001	0.00053	0.00023	0.00018	0.69690	0.56431	-1.20470	1.09077	0.00015
	4	10	0.00001	0.00070	0.00020	0.00022	1.60542	0.68704	1.88236	1.33425	0.00011
	Total	188	0.00001	0.00070	0.00016	0.00015	1.17697	0.17724	0.50344	0.35269	0.00008
Zr	1	78	0.00005	0.01330	0.00691	0.00344	-0.57636	0.27221	-0.60785	0.53818	0.00471

5. Resultados

	2	84	0.00005	0.01321	0.00781	0.00340	-0.50988	0.26265	-0.35099	0.51966	0.00588
	3	16	0.00022	0.01908	0.00760	0.00518	0.58990	0.56431	-0.18773	1.09077	0.00532
	4	10	0.00056	0.01155	0.00736	0.00338	-0.64719	0.68704	0.30373	1.33425	0.00596
	Total	188	0.00005	0.01908	0.00739	0.00359	-0.27866	0.17724	-0.19534	0.35269	0.00532
	Cs	1	78	0.00000	0.00022	0.00002	0.00003	3.81175	0.27221	22.25151	0.53818
	2	84	0.00000	0.00010	0.00002	0.00003	1.26719	0.26265	1.48229	0.51966	0.00000
	3	16	0.00000	0.00005	0.00003	0.00001	-0.68938	0.56431	1.25302	1.09077	0.00001
	4	10	0.00000	0.00019	0.00004	0.00006	2.08308	0.68704	4.87508	1.33425	0.00000
	Total	188	0.00000	0.00022	0.00003	0.00003	2.91785	0.17724	14.53429	0.35269	0.00000
	Ba	1	78	0.00001	0.02151	0.00484	0.00484	0.99692	0.27221	0.83169	0.53818
	2	84	0.00001	0.05621	0.00673	0.00770	3.65469	0.26265	20.25821	0.51966	0.00267
	3	16	0.00001	0.02404	0.00889	0.00680	1.14637	0.56431	0.65959	1.09077	0.00480
	4	10	0.00001	0.02707	0.00941	0.00957	0.88262	0.68704	-0.56586	1.33425	0.00310
	Total	188	0.00001	0.05621	0.00627	0.00679	2.87236	0.17724	15.52660	0.35269	0.00189
	La	1	78	0.00000	0.00056	0.00008	0.00010	2.38419	0.27221	7.42214	0.53818
	2	84	0.00000	0.00071	0.00013	0.00013	2.13296	0.26265	5.92961	0.51966	0.00007
	3	16	0.00000	0.00016	0.00007	0.00006	0.30276	0.56431	-1.45126	1.09077	0.00003
	4	10	0.00000	0.00054	0.00017	0.00019	1.09453	0.68704	-0.00476	1.33425	0.00007
	Total	188	0.00000	0.00071	0.00011	0.00012	2.20247	0.17724	6.15539	0.35269	0.00004
	Ce	1	78	0.00000	0.00134	0.00016	0.00022	2.65613	0.27221	9.84472	0.53818
	2	84	0.00000	0.00140	0.00024	0.00027	2.15994	0.26265	5.76584	0.51966	0.00009
	3	16	0.00000	0.00034	0.00015	0.00013	0.21125	0.56431	-1.67572	1.09077	0.00005
	4	10	0.00000	0.00121	0.00037	0.00043	1.19524	0.68704	0.03840	1.33425	0.00010
	Total	188	0.00000	0.00140	0.00021	0.00026	2.29524	0.17724	6.38530	0.35269	0.00005
	Pr	1	78	0.00000	0.00013	0.00002	0.00003	1.85069	0.27221	2.98507	0.53818
	2	84	0.00000	0.00014	0.00003	0.00004	1.23436	0.26265	0.58993	0.51966	0.00001
	3	16	0.00000	0.00004	0.00001	0.00001	0.48669	0.56431	-1.71452	1.09077	0.00001
	4	10	0.00000	0.00011	0.00006	0.00004	-0.33534	0.68704	-1.62985	1.33425	0.00003
	Total	188	0.00000	0.00014	0.00003	0.00003	1.41604	0.17724	1.11472	0.35269	0.00001
	Nd	1	78	0.00000	0.00052	0.00008	0.00010	2.40616	0.27221	7.39462	0.53818
	2	84	0.00000	0.00059	0.00011	0.00012	1.91925	0.26265	4.44260	0.51966	0.00005
	3	16	0.00000	0.00016	0.00006	0.00006	0.52271	0.56431	-1.62151	1.09077	0.00003
	4	10	0.00000	0.00051	0.00017	0.00017	1.01908	0.68704	-0.01433	1.33425	0.00008
	Total	188	0.00000	0.00059	0.00009	0.00011	2.06771	0.17724	4.99176	0.35269	0.00004
	Th	1	78	0.00000	0.00016	0.00002	0.00003	2.18479	0.27221	5.50158	0.53818
	2	84	0.00000	0.00019	0.00004	0.00004	1.07165	0.26265	0.68323	0.51966	0.00002
	3	16	0.00000	0.00015	0.00003	0.00004	2.19537	0.56431	5.89131	1.09077	0.00001
	4	10	0.00000	0.00025	0.00006	0.00008	1.94731	0.68704	4.41666	1.33425	0.00002
	Total	188	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	1.81539	0.17724	4.19117	0.35269	0.00001
	U	1	78	0.00000	0.00034	0.00006	0.00007	1.18360	0.27221	1.60493	0.53818
	2	84	0.00000	0.00032	0.00007	0.00007	0.78806	0.26265	0.65850	0.51966	0.00002
	3	16	0.00000	0.00022	0.00010	0.00007	0.09266	0.56431	-1.10159	1.09077	0.00006
	4	10	0.00000	0.00020	0.00009	0.00008	0.24321	0.68704	-1.69958	1.33425	0.00002
	Total	188	0.00000	0.00034	0.00007	0.00007	0.82318	0.17724	0.45457	0.35269	0.00002
	Mo	1	78	0.00000	0.00657	0.00031	0.00091	4.93166	0.27221	30.07569	0.53818
	2	84	0.00000	0.01363	0.00051	0.00180	5.84980	0.26265	38.39530	0.51966	0.00000
	3	16	0.00000	0.01420	0.00095	0.00354	3.96743	0.56431	15.80646	1.09077	0.00000
	4	10	0.00000	0.00229	0.00036	0.00076	2.32999	0.68704	5.20585	1.33425	0.00000
	Total	188	0.00000	0.01420	0.00046	0.00168	6.38167	0.17724	45.77171	0.35269	0.00000

5. Resultados

f) Los cocientes de las variables respecto a la componente crustal en la muestras de PM_{2.5}.

	Viento	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
OM+ECinC	1	62	0.05478	12.66738	2.94337	2.56222	1.75580	0.30390	3.18828	0.59929	2.05840
	2	67	0.05716	8.46158	1.53245	1.39285	2.89322	0.29284	11.21288	0.57800	1.10138
	3	8	0.47745	2.47572	1.42399	0.64805	0.38590	0.75210	-0.23145	1.48088	1.28251
	4	7	0.88280	3.30512	1.92628	0.95194	0.78248	0.79373	-1.11357	1.58745	1.73906
	Total	144	0.05478	12.66738	2.15305	2.05863	2.40592	0.20204	6.87805	0.40144	1.48659
Al ₂ O ₃ inC	1	78	0.01170	0.17823	0.09414	0.03928	0.03002	0.27221	-0.45278	0.53818	0.08364
	2	84	0.00927	0.17738	0.10584	0.03250	0.21016	0.26265	0.16733	0.51966	0.09977
	3	16	0.02052	0.16069	0.10912	0.03702	-0.82586	0.56431	0.74290	1.09077	0.10001
	4	10	0.06881	0.15172	0.11117	0.02903	0.21925	0.68704	-1.37601	1.33425	0.10773
	Total	188	0.00927	0.17823	0.10155	0.03600	-0.07235	0.17724	-0.15521	0.35269	0.09313
CainC	1	78	0.03698	0.32256	0.14312	0.06402	0.53030	0.27221	0.01566	0.53818	0.12810
	2	84	0.03665	0.27632	0.13682	0.04481	0.13303	0.26265	0.25856	0.51966	0.12857
	3	16	0.06327	0.26475	0.13012	0.04970	1.13944	0.56431	2.47372	1.09077	0.12192
	4	10	0.06141	0.20070	0.12773	0.04479	-0.03700	0.68704	-0.97903	1.33425	0.11999
	Total	188	0.03665	0.32256	0.13838	0.05382	0.53489	0.17724	0.53794	0.35269	0.12733
Ca _{so} inC	1	17	0.06893	0.20197	0.14015	0.03863	-0.49781	0.54975	-0.62387	1.06320	0.13432
	2	22	0.05831	0.19254	0.14249	0.03288	-0.82088	0.49096	0.60196	0.95278	0.13803
	3	5	0.12485	0.15175	0.13526	0.01218	0.73751	0.91287	-2.20521	2.00000	0.13484
	4	2	0.14723	0.15189	0.14956	0.00330	.	.	.	.	0.14954
	Total	46	0.05831	0.20197	0.14114	0.03251	-0.64176	0.35010	0.16855	0.68763	0.13677
MginC	1	78	0.00108	0.18789	0.03079	0.02859	3.95873	0.27221	17.89831	0.53818	0.02447
	2	84	0.00457	0.16280	0.03843	0.02690	2.45194	0.26265	7.44745	0.51966	0.03219
	3	16	0.02119	0.14547	0.04057	0.02984	3.24508	0.56431	11.58971	1.09077	0.03531
	4	10	0.01401	0.12530	0.03623	0.03228	2.81078	0.68704	8.41204	1.33425	0.02938
	Total	188	0.00108	0.18789	0.03532	0.02819	3.02970	0.17724	10.71644	0.35269	0.02882
FeinC	1	78	0.01338	0.19021	0.05005	0.02407	2.63205	0.27221	13.78477	0.53818	0.04559
	2	84	0.01223	0.08835	0.03955	0.01609	1.06143	0.26265	0.92685	0.51966	0.03665
	3	16	0.02127	0.08855	0.04354	0.01558	1.51277	0.56431	4.16640	1.09077	0.04123
	4	10	0.02503	0.06535	0.04364	0.01377	0.22784	0.68704	-1.35347	1.33425	0.04166
	Total	188	0.01223	0.19021	0.04446	0.02015	2.38547	0.17724	13.56114	0.35269	0.04081
NO ₃ inC	1	62	0.07097	7.14775	1.19864	1.32171	2.09309	0.30390	5.81064	0.59929	0.67762
	2	67	0.05900	5.39229	0.52164	0.75695	4.61829	0.29284	26.58429	0.57800	0.32095
	3	8	0.10320	0.51196	0.24489	0.15987	1.02587	0.75210	-0.57999	1.48088	0.20588
	4	7	0.17584	1.75509	0.81053	0.47168	1.29217	0.79373	3.64316	1.58745	0.68553
	Total	144	0.05900	7.14775	0.81180	1.06889	2.93290	0.20204	10.96841	0.40144	0.44821
ClinC	1	62	0.01448	1.27901	0.27661	0.26437	2.03029	0.30390	5.00394	0.59929	0.17502
	2	67	0.00000	0.50511	0.10628	0.09822	2.08719	0.29284	5.18088	0.57800	0.00000
	3	8	0.01366	0.19738	0.07957	0.06150	1.04480	0.75210	0.63452	1.48088	0.05904
	4	7	0.01235	0.41646	0.18580	0.13721	0.77908	0.79373	0.02067	1.58745	0.12774
	Total	144	0.00000	1.27901	0.18200	0.20590	2.78192	0.20204	10.38122	0.40144	0.00000
TiinC	1	78	0.00081	0.01552	0.00334	0.00205	3.21722	0.27221	15.90938	0.53818	0.00293
	2	84	0.00142	0.00536	0.00288	0.00097	0.90249	0.26265	0.24031	0.51966	0.00273
	3	16	0.00144	0.00417	0.00271	0.00080	0.24998	0.56431	-0.84978	1.09077	0.00260
	4	10	0.00186	0.00507	0.00316	0.00110	0.67657	0.68704	-0.78511	1.33425	0.00300
	Total	188	0.00081	0.01552	0.00307	0.00152	3.62590	0.17724	24.31091	0.35269	0.00282
BainC	1	78	0.00000	0.01354	0.00179	0.00247	2.85209	0.27221	9.92165	0.53818	0.00043

5. Resultados

LainC	2	84	0.00000	0.00787	0.00156	0.00140	1.95956	0.26265	5.61146	0.51966	0.00074
	3	16	0.00000	0.00889	0.00252	0.00210	2.10169	0.56431	5.45486	1.09077	0.00141
	4	10	0.00001	0.00452	0.00161	0.00128	1.22266	0.68704	2.28060	1.33425	0.00082
	Total	188	0.00000	0.01354	0.00174	0.00197	2.87529	0.17724	11.74879	0.35269	0.00063
	1	78	0.00000	0.00010	0.00003	0.00003	1.01048	0.27221	0.63939	0.53818	0.00001
CeinC	2	84	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	0.94315	0.26265	0.41193	0.51966	0.00002
	3	16	0.00000	0.00007	0.00002	0.00002	0.73930	0.56431	-0.90417	1.09077	0.00001
	4	10	0.00000	0.00011	0.00004	0.00004	1.03206	0.68704	0.54093	1.33425	0.00002
	Total	188	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	0.99121	0.17724	0.55692	0.35269	0.00001
	1	78	0.00000	0.00021	0.00005	0.00005	0.82857	0.27221	0.12155	0.53818	0.00001
PrinC	2	84	0.00000	0.00019	0.00006	0.00005	0.44474	0.26265	-0.48225	0.51966	0.00002
	3	16	0.00000	0.00014	0.00005	0.00005	0.57530	0.56431	-1.13078	1.09077	0.00001
	4	10	0.00000	0.00017	0.00007	0.00005	0.49161	0.68704	-0.04051	1.33425	0.00003
	Total	188	0.00000	0.00021	0.00006	0.00005	0.61236	0.17724	-0.28190	0.35269	0.00002
	1	78	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	3.25871	0.27221	12.13718	0.53818	0.00000
MoinC	2	84	0.00000	0.00007	0.00001	0.00001	3.17540	0.26265	13.19491	0.51966	0.00000
	3	16	0.00000	0.00002	0.00000	0.00001	0.73769	0.56431	-1.15801	1.09077	0.00000
	4	10	0.00000	0.00010	0.00003	0.00004	1.61402	0.68704	1.19612	1.33425	0.00001
	Total	188	0.00000	0.00010	0.00001	0.00001	3.66176	0.17724	15.96002	0.35269	0.00000
	1	78	0.00000	0.00429	0.00019	0.00060	4.87349	0.27221	28.48532	0.53818	0.00000
	2	84	0.00000	0.00562	0.00021	0.00080	5.55514	0.26265	32.70335	0.51966	0.00000
	3	16	0.00000	0.00525	0.00035	0.00131	3.97618	0.56431	15.85937	1.09077	0.00000
	4	10	0.00000	0.00101	0.00020	0.00040	1.77379	0.68704	1.45030	1.33425	0.00000
	Total	188	0.00000	0.00562	0.00021	0.00076	5.32992	0.17724	30.73091	0.35269	0.00000

g) Fracción PM_{2.5}, segmentando por la estación de muestreo (Estac.). 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana.

	Estac.	Viento	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM _{2.5} M	2	1	33	7.87068	41.53560	23.25790	10.18299	0.29980	0.40864	-0.91426	0.79841	20.95341
		2	39	11.38017	37.41948	21.69260	6.27291	0.70124	0.37822	0.20011	0.74100	20.84811
		3	13	4.71546	28.28244	18.89095	6.35549	-0.63395	0.61634	0.84043	1.19087	17.48872
		4	5	18.63575	51.16672	33.89932	12.21819	0.35568	0.91287	0.14361	2.00000	32.08428
		Total	90	4.71546	51.16672	22.54001	8.71431	0.70734	0.25403	0.56603	0.50294	20.85682
	3	1	45	8.00000	44.00000	21.17778	8.06025	0.55517	0.35373	0.19919	0.69454	19.65154
		2	45	7.00000	47.00000	24.15556	9.52975	0.77439	0.35373	0.12497	0.69454	22.38669
		3	3	15.00000	20.00000	17.00000	2.64575	1.45786	1.22474	.	.	16.86865
		4	5	16.00000	28.00000	22.40000	5.59464	-0.33921	0.91287	-2.94001	2.00000	21.81024
		Total	98	7.00000	47.00000	22.47959	8.66707	0.78500	0.24376	0.48546	0.48296	20.87673
OM+EC	2	1	17	3.46837	12.22568	7.05085	2.69025	0.12631	0.54975	-1.16284	1.06320	6.53871
		2	22	2.90883	11.38647	5.15763	2.08739	1.65398	0.49096	2.95167	0.95278	4.83638
		3	5	2.93653	5.42877	3.91077	0.97587	0.98540	0.91287	0.94171	2.00000	3.81942
		4	2	3.84966	9.30850	6.57908	3.85998	.	.	.	.	5.98620
		Total	46	2.90883	12.22568	5.78357	2.49770	0.90063	0.35010	-0.27741	0.68763	5.31871
	3	1	45	0.52481	10.51773	4.17473	2.46657	0.80857	0.35373	-0.05741	0.69454	3.45071
		2	45	0.64109	11.18282	3.90578	2.33087	1.29069	0.35373	1.93092	0.69454	3.27984
		3	3	1.51548	3.50231	2.48537	0.99425	0.21252	1.22474	.	.	2.34782
		4	5	1.46251	6.43015	3.63909	2.01155	0.49999	0.91287	-1.14229	2.00000	3.18069
		Total	98	0.52481	11.18282	3.97219	2.34661	1.04870	0.24376	0.79405	0.48296	3.31784
Al ₂ O ₃	2	1	33	0.08533	0.90828	0.44695	0.20564	0.30634	0.40864	-0.39174	0.79841	0.39415
		2	39	0.12195	1.06075	0.47964	0.23983	0.79229	0.37822	-0.04340	0.74100	0.42352

5. Resultados

Ca	3	3	13	0.08190	1.00162	0.51180	0.29330	0.38647	0.61634	-1.05145	1.19087	0.42246
		4	5	0.20981	3.10998	1.32216	1.17600	1.03145	0.91287	-0.04946	2.00000	0.90329
		Total	90	0.08190	3.10998	0.51911	0.39034	3.85002	0.25403	22.36570	0.50294	0.43008
		1	45	0.01663	2.30700	0.23391	0.40308	4.19696	0.35373	18.78448	0.69454	0.11671
		2	45	0.01663	2.79995	0.49137	0.57609	2.70682	0.35373	7.64196	0.69454	0.31331
		3	3	0.03327	0.36245	0.19840	0.16459	-0.02972	1.22474	.	.	0.13399
		4	5	0.15301	0.22766	0.18485	0.03410	0.57152	0.91287	-2.75057	2.00000	0.18242
		Total	98	0.01663	2.79995	0.34854	0.49243	3.27143	0.24376	11.40260	0.48296	0.18869
	2	1	33	0.10248	1.99478	0.63629	0.44707	1.56485	0.40864	2.40257	0.79841	0.51384
		2	39	0.22582	2.25460	0.63344	0.44478	2.45038	0.37822	6.54778	0.74100	0.53844
		3	13	0.18767	0.92775	0.48560	0.22887	0.96746	0.61634	-0.00452	1.19087	0.44061
		4	5	0.38069	7.00314	2.13202	2.76479	2.07262	0.91287	4.40092	2.00000	1.21633
		Total	90	0.10248	7.00314	0.69639	0.79517	5.95599	0.25403	44.96091	0.50294	0.53799
	3	1	45	0.01003	1.28003	0.31838	0.31104	1.65240	0.35373	2.29968	0.69454	0.20115
		2	45	0.08292	1.54368	0.51558	0.36756	1.34302	0.35373	1.22899	0.69454	0.40853
		3	3	0.24199	0.42921	0.32995	0.09412	0.53244	1.22474	.	.	0.32107
		4	5	0.06193	0.41053	0.21553	0.14984	0.27094	0.91287	-1.94894	2.00000	0.16806
		Total	98	0.01003	1.54368	0.40404	0.34271	1.49994	0.24376	1.91219	0.48296	0.27993
	2	1	17	0.09000	1.40000	0.55364	0.34804	1.10048	0.54975	0.83195	1.06320	0.45548
		2	22	0.22000	2.03285	0.60088	0.43208	1.92765	0.49096	4.72188	0.95278	0.49325
		3	5	0.18000	0.57437	0.36487	0.14434	0.38784	0.91287	0.94947	2.00000	0.34083
		4	2	0.37000	1.10368	0.73684	0.51879	.	.	.	.	0.63903
		Total	46	0.09000	2.03285	0.56368	0.38008	1.72113	0.35010	3.84208	0.68763	0.46529
Mg	2	1	33	0.02253	0.25713	0.10967	0.05113	0.94362	0.40864	1.40240	0.79841	0.09809
		2	39	0.05852	0.32909	0.14838	0.06242	0.98741	0.37822	1.25452	0.74100	0.13641
		3	13	0.06585	0.21772	0.13493	0.05101	0.21635	0.61634	-1.17188	1.19087	0.12565
		4	5	0.09659	0.86359	0.33467	0.30854	1.81317	0.91287	3.37883	2.00000	0.25026
		Total	90	0.02253	0.86359	0.14259	0.09864	4.64268	0.25403	31.84336	0.50294	0.12354
	3	1	45	0.00033	0.46152	0.07963	0.11035	2.26233	0.35373	4.39775	0.69454	0.03845
		2	45	0.00569	0.48648	0.15996	0.14186	0.91687	0.35373	-0.47102	0.69454	0.10123
		3	3	0.03721	0.46174	0.18543	0.23950	1.71829	1.22474	.	.	0.09951
		4	5	0.02751	0.30641	0.08616	0.12316	2.23325	0.91287	4.98990	2.00000	0.04898
		Total	98	0.00033	0.48648	0.12009	0.13472	1.38316	0.24376	0.63324	0.48296	0.06251
	2	1	33	0.06822	0.48409	0.23964	0.12656	0.55402	0.40864	-0.53878	0.79841	0.20593
		2	39	0.07923	0.94343	0.21002	0.14286	3.72779	0.37822	18.40543	0.74100	0.18334
		3	13	0.05528	0.27811	0.17509	0.06425	-0.27217	0.61634	-0.67368	1.19087	0.16179
		4	5	0.12285	1.10480	0.51355	0.39610	0.78236	0.91287	-0.04247	2.00000	0.38434
		Total	90	0.05528	1.10480	0.23270	0.16505	2.88185	0.25403	11.42709	0.50294	0.19579
Fe	3	1	45	0.01601	0.82239	0.09630	0.13386	4.39123	0.35373	21.40358	0.69454	0.06560
		2	45	0.01104	0.82821	0.14886	0.17379	2.73415	0.35373	7.60436	0.69454	0.09985
		3	3	0.06750	0.08835	0.07649	0.01072	1.11889	1.22474	.	.	0.07600
		4	5	0.05745	0.07575	0.06443	0.00726	1.13007	0.91287	0.63873	2.00000	0.06411
		Total	98	0.01104	0.82821	0.11820	0.15065	3.43667	0.24376	12.39487	0.48296	0.07982
	2	1	33	0.94089	8.00087	3.87160	1.93789	0.41034	0.40864	-0.97419	0.79841	3.37778
		2	39	1.20158	10.88778	4.88715	2.24239	0.47382	0.37822	-0.11185	0.74100	4.34927
		3	13	1.10025	6.34376	4.23090	1.69278	-0.40129	0.61634	-1.05944	1.19087	3.82677
		4	5	2.90445	5.87724	4.59823	1.46706	-0.57485	0.91287	-3.21041	2.00000	4.39060
		Total	90	0.94089	10.88778	4.40394	2.04796	0.44133	0.25403	-0.15724	0.50294	3.89369
SO ₄ ²⁻	3	1	45	0.62468	5.99344	3.02632	1.41504	0.10132	0.35373	-0.93449	0.69454	2.64013
		2	45	0.86702	10.20167	4.01023	2.05271	1.05490	0.35373	1.33211	0.69454	3.51680
		3	3	1.99597	4.55412	3.20105	1.28548	0.51120	1.22474	.	.	3.02759
		4	5	2.22321	4.54433	3.19887	0.92284	0.76911	0.91287	-0.53143	2.00000	3.09764
		Total	98	0.62468	10.20167	3.49227	1.76664	1.06584	0.24376	2.14324	0.48296	3.04906
	2	1	17	0.09099	0.75235	0.32355	0.21308	0.70772	0.54975	-0.71954	1.06320	0.25921

5. Resultados

NH ₄ ⁺	3	2	22	0.05266	0.96992	0.23467	0.22616	2.16131	0.49096	4.93676	0.95278	0.16849
		3	5	0.04351	0.20336	0.10699	0.06683	0.63972	0.91287	-0.72850	2.00000	0.09011
		4	2	0.09255	0.31459	0.20357	0.15701	.	.	.	.	0.17063
		Total	46	0.04351	0.96992	0.25229	0.21325	1.56190	0.35010	2.15840	0.68763	0.18467
	2	1	45	0.27000	0.73000	0.40400	0.10920	1.29989	0.35373	1.68544	0.69454	0.39145
		2	45	0.00000	0.78000	0.34956	0.13533	0.26884	0.35373	3.12867	0.69454	0.00000
		3	3	0.31000	0.36000	0.33000	0.02646	1.45786	1.22474	.	.	0.32931
		4	5	0.25000	0.42000	0.34600	0.06189	-0.81889	0.91287	1.82134	2.00000	0.34118
	3	Total	98	0.00000	0.78000	0.37378	0.12118	0.51187	0.24376	3.02731	0.48296	0.00000
		1	17	0.64389	4.44925	2.02431	1.07208	0.50914	0.54975	-0.09963	1.06320	1.73942
		2	22	0.36891	2.88608	1.73859	0.75296	-0.27651	0.49096	-1.20051	0.95278	1.53893
		3	5	1.45458	2.16380	1.77247	0.28448	0.42358	0.91287	-1.10200	2.00000	1.75448
Ti	2	4	2	2.45201	3.26260	2.85731	0.57317	.	.	.	.	2.82842
		Total	46	0.36891	4.44925	1.89650	0.86535	0.37921	0.35010	0.24675	0.68763	1.67708
	3	1	45	0.17000	4.50000	1.58911	0.98166	0.70454	0.35373	0.24416	0.69454	1.27066
		2	45	0.10000	11.60000	2.20844	1.93907	3.00111	0.35373	12.26262	0.69454	1.66170
	2	3	3	1.02000	1.64000	1.22667	0.35796	1.73205	1.22474	.	.	1.19495
		4	5	0.52000	2.34000	1.48000	0.66132	-0.35798	0.91287	1.14524	2.00000	1.32834
		Total	98	0.10000	11.60000	1.85684	1.50784	3.33345	0.24376	17.98145	0.48296	1.43781
	3	1	33	0.00290	0.02788	0.01192	0.00702	0.59240	0.40864	-0.47795	0.79841	0.00982
		2	39	0.00402	0.03543	0.01251	0.00735	1.75911	0.37822	3.13910	0.74100	0.01092
		3	13	0.00299	0.02052	0.01113	0.00578	0.51898	0.61634	-0.88255	1.19087	0.00968
		4	5	0.00721	0.09495	0.03827	0.03667	1.09201	0.91287	0.32009	2.00000	0.02456
V	2	Total	90	0.00290	0.09495	0.01352	0.01193	4.19065	0.25403	24.86660	0.50294	0.01080
		1	45	0.00096	0.06733	0.00828	0.01192	3.88934	0.35373	16.33332	0.69454	0.00526
		2	45	0.00216	0.08082	0.01394	0.01677	2.72585	0.35373	7.64486	0.69454	0.00905
		3	3	0.00554	0.00676	0.00598	0.00068	1.69699	1.22474	.	.	0.00595
	3	4	5	0.00427	0.00620	0.00523	0.00074	-0.05526	0.91287	-0.69620	2.00000	0.00519
		Total	98	0.00096	0.08082	0.01065	0.01421	3.28314	0.24376	11.33691	0.48296	0.00677
		1	33	0.00085	0.02309	0.00641	0.00548	1.42713	0.40864	1.77400	0.79841	0.00443
		2	39	0.00201	0.05056	0.01647	0.01311	0.93147	0.37822	-0.07753	0.74100	0.01168
	2	3	13	0.00077	0.01480	0.00708	0.00455	0.16242	0.61634	-1.31382	1.19087	0.00532
		4	5	0.00271	0.01692	0.01064	0.00536	-0.57979	0.91287	0.53882	2.00000	0.00907
		Total	90	0.00077	0.05056	0.01110	0.01055	1.68918	0.25403	2.70320	0.50294	0.00721
Mn	3	1	45	0.00005	0.01634	0.00377	0.00356	1.95036	0.35373	4.22014	0.69454	0.00236
		2	45	0.00061	0.02903	0.00857	0.00679	1.10008	0.35373	0.97371	0.69454	0.00590
		3	3	0.00150	0.00410	0.00268	0.00131	0.82134	1.22474	.	.	0.00246
		4	5	0.00161	0.00745	0.00423	0.00217	0.61320	0.91287	0.68276	2.00000	0.00376
	2	Total	98	0.00005	0.02903	0.00596	0.00572	1.70731	0.24376	3.12359	0.48296	0.00369
		1	33	0.00094	0.01446	0.00583	0.00345	0.69169	0.40864	-0.30894	0.79841	0.00482
		2	39	0.00219	0.02828	0.00505	0.00418	4.72956	0.37822	26.11225	0.74100	0.00435
		3	13	0.00144	0.00702	0.00393	0.00172	0.25341	0.61634	-0.42049	1.19087	0.00354
	3	4	5	0.00339	0.02409	0.01120	0.00836	0.95009	0.91287	0.62177	2.00000	0.00873
		Total	90	0.00094	0.02828	0.00552	0.00420	3.04381	0.25403	12.63925	0.50294	0.00455
		1	45	0.00008	0.01185	0.00227	0.00211	2.68350	0.35373	9.83542	0.69454	0.00153
		2	45	0.00008	0.01418	0.00330	0.00309	2.04205	0.35373	4.43502	0.69454	0.00212
Ni	2	3	3	0.00155	0.00278	0.00200	0.00068	1.68870	1.22474	.	.	0.00193
		4	5	0.00135	0.00208	0.00168	0.00027	0.55189	0.91287	0.67966	2.00000	0.00166
		Total	98	0.00008	0.01418	0.00271	0.00259	2.48789	0.24376	7.22314	0.48296	0.00180
	3	1	33	0.00016	0.00902	0.00261	0.00227	1.11327	0.40864	0.99266	0.79841	0.00148
		2	39	0.00046	0.01837	0.00649	0.00518	0.90499	0.37822	-0.21708	0.74100	0.00452
		3	13	0.00016	0.00531	0.00270	0.00187	-0.14842	0.61634	-1.39029	1.19087	0.00159
		4	5	0.00319	0.00657	0.00552	0.00140	-1.56109	0.91287	2.02543	2.00000	0.00534
	2	Total	90	0.00016	0.01837	0.00446	0.00418	1.58055	0.25403	2.36077	0.50294	0.00260

5. Resultados

Rb	3	1	45	0.00030	0.01623	0.00242	0.00266	3.58784	0.35373	16.52895	0.69454	0.00169
		2	45	0.00021	0.01605	0.00452	0.00384	1.46749	0.35373	2.09316	0.69454	0.00302
		3	3	0.00077	0.00239	0.00158	0.00081	-0.01968	1.22474	.	.	0.00143
		4	5	0.00094	0.00947	0.00347	0.00343	1.98854	0.91287	4.13365	2.00000	0.00252
		Total	98	0.00021	0.01623	0.00341	0.00340	2.08505	0.24376	4.71525	0.48296	0.00224
	2	1	33	0.00017	0.00091	0.00045	0.00018	0.45744	0.40864	-0.15889	0.79841	0.00042
		2	39	0.00013	0.00112	0.00042	0.00019	1.67452	0.37822	4.36420	0.74100	0.00038
		3	13	0.00014	0.00081	0.00041	0.00018	0.88901	0.61634	0.61841	1.19087	0.00037
		4	5	0.00029	0.00235	0.00100	0.00081	1.47229	0.91287	2.23798	2.00000	0.00078
		Total	90	0.00013	0.00235	0.00046	0.00028	3.78135	0.25403	22.44435	0.50294	0.00041
	3	1	45	0.00010	0.00184	0.00035	0.00033	3.42548	0.35373	12.68899	0.69454	0.00028
		2	45	0.00011	0.00165	0.00045	0.00034	2.19365	0.35373	5.28303	0.69454	0.00037
		3	3	0.00019	0.00033	0.00024	0.00008	1.69799	1.22474	.	.	0.00023
		4	5	0.00017	0.00039	0.00028	0.00010	0.07956	0.91287	-2.85539	2.00000	0.00027
		Total	98	0.00010	0.00184	0.00039	0.00033	2.77759	0.24376	8.39896	0.48296	0.00031
Sr	2	1	33	0.00086	0.00529	0.00226	0.00121	1.14284	0.40864	0.54385	0.79841	0.00199
		2	39	0.00110	0.00778	0.00262	0.00138	2.27626	0.37822	5.80194	0.74100	0.00237
		3	13	0.00099	0.00321	0.00200	0.00068	0.43858	0.61634	-0.61025	1.19087	0.00189
		4	5	0.00159	0.02182	0.00736	0.00829	1.96264	0.91287	4.03311	2.00000	0.00475
		Total	90	0.00086	0.02182	0.00266	0.00242	5.90077	0.25403	44.60149	0.50294	0.00224
	3	1	45	0.00006	0.00477	0.00117	0.00113	1.58293	0.35373	2.09818	0.69454	0.00070
		2	45	0.00029	0.00849	0.00208	0.00161	2.05098	0.35373	5.26988	0.69454	0.00163
		3	3	0.00092	0.00172	0.00127	0.00041	1.03959	1.22474	.	.	0.00123
		4	5	0.00034	0.00126	0.00082	0.00041	0.02886	0.91287	-2.64148	2.00000	0.00073
		Total	98	0.00006	0.00849	0.00157	0.00141	2.09319	0.24376	6.09174	0.48296	0.00105
Zr	2	1	33	0.00017	0.01330	0.00765	0.00329	-0.45341	0.40864	-0.57292	0.79841	0.00636
		2	39	0.00159	0.01321	0.00741	0.00327	0.36334	0.37822	-1.08716	0.74100	0.00667
		3	13	0.00022	0.01320	0.00713	0.00438	0.12944	0.61634	-1.45463	1.19087	0.00512
		4	5	0.00515	0.01155	0.00801	0.00253	0.55928	0.91287	-0.86880	2.00000	0.00770
		Total	90	0.00017	0.01330	0.00749	0.00337	-0.01222	0.25403	-0.96080	0.50294	0.00636
	3	1	45	0.00005	0.01132	0.00636	0.00348	-0.66801	0.35373	-0.85221	0.69454	0.00378
		2	45	0.00005	0.01320	0.00816	0.00351	-1.18670	0.35373	0.80352	0.69454	0.00527
		3	3	0.00155	0.01908	0.00964	0.00884	0.67253	1.22474	.	.	0.00626
		4	5	0.00056	0.01091	0.00670	0.00427	-0.57925	0.91287	-0.68732	2.00000	0.00461
		Total	98	0.00005	0.01908	0.00730	0.00379	-0.43703	0.24376	0.18061	0.48296	0.00452
Ba	2	1	33	0.00116	0.02151	0.00828	0.00451	1.00141	0.40864	1.21602	0.79841	0.00709
		2	39	0.00056	0.02605	0.00927	0.00559	1.41127	0.37822	1.86081	0.74100	0.00776
		3	13	0.00131	0.02404	0.00968	0.00709	1.10048	0.61634	0.01647	1.19087	0.00748
		4	5	0.00608	0.02707	0.01682	0.00812	-0.02875	0.91287	-0.69214	2.00000	0.01497
		Total	90	0.00056	0.02707	0.00939	0.00583	1.24502	0.25403	1.10969	0.50294	0.00775
	3	1	45	0.00001	0.01109	0.00232	0.00329	1.32901	0.35373	0.38616	0.69454	0.00024
		2	45	0.00001	0.05621	0.00452	0.00861	5.16523	0.35373	30.75278	0.69454	0.00106
		3	3	0.00001	0.00890	0.00546	0.00478	-1.56415	1.22474	.	.	0.00071
		4	5	0.00001	0.00384	0.00199	0.00169	0.17341	0.91287	-2.44358	2.00000	0.00064
		Total	98	0.00001	0.05621	0.00341	0.00636	6.13278	0.24376	49.25180	0.48296	0.00051
La	2	1	33	0.00000	0.00034	0.00009	0.00010	0.99006	0.40864	0.25575	0.79841	0.00003
		2	39	0.00000	0.00037	0.00012	0.00010	0.54888	0.37822	-0.33886	0.74100	0.00006
		3	13	0.00000	0.00015	0.00007	0.00006	0.19059	0.61634	-1.57679	1.19087	0.00003
		4	5	0.00000	0.00054	0.00028	0.00021	-0.27123	0.91287	-1.16401	2.00000	0.00012
		Total	90	0.00000	0.00054	0.00011	0.00011	1.23847	0.25403	1.80776	0.50294	0.00004
	3	1	45	0.00001	0.00056	0.00007	0.00010	3.35090	0.35373	13.10254	0.69454	0.00003
		2	45	0.00001	0.00071	0.00014	0.00016	2.24663	0.35373	5.06821	0.69454	0.00008
		3	3	0.00001	0.00016	0.00007	0.00008	1.13089	1.22474	.	.	0.00004
		4	5	0.00001	0.00011	0.00006	0.00005	-0.26964	0.91287	-2.33968	2.00000	0.00004

5. Resultados

Ce	2	Total	98	0.00001	0.00071	0.00010	0.00013	2.71864	0.24376	8.10152	0.48296	0.00005
		1	33	0.00000	0.00078	0.00020	0.00022	0.94748	0.40864	0.27243	0.79841	0.00004
		2	39	0.00000	0.00082	0.00023	0.00023	0.95662	0.37822	0.48860	0.74100	0.00007
		3	13	0.00000	0.00034	0.00015	0.00013	0.28295	0.61634	-1.75441	1.19087	0.00005
		4	5	0.00000	0.00121	0.00062	0.00049	-0.18838	0.91287	-1.71068	2.00000	0.00024
	3	Total	90	0.00000	0.00121	0.00023	0.00025	1.41706	0.25403	2.33883	0.50294	0.00006
		1	45	0.00000	0.00134	0.00014	0.00023	3.92080	0.35373	18.29232	0.69454	0.00002
		2	45	0.00000	0.00140	0.00025	0.00031	2.51324	0.35373	6.51193	0.69454	0.00010
		3	3	0.00000	0.00027	0.00014	0.00014	-0.54621	1.22474	.	.	0.00003
		4	5	0.00000	0.00017	0.00011	0.00007	-0.75608	0.91287	-0.32895	2.00000	0.00005
Pr	2	Total	98	0.00000	0.00140	0.00019	0.00027	3.05593	0.24376	10.27822	0.48296	0.00005
		1	33	0.00000	0.00007	0.00002	0.00002	0.94019	0.40864	0.01199	0.79841	0.00001
		2	39	0.00000	0.00009	0.00002	0.00002	1.00281	0.37822	0.69244	0.74100	0.00001
		3	13	0.00000	0.00004	0.00001	0.00001	0.39757	0.61634	-1.84803	1.19087	0.00001
		4	5	0.00000	0.00011	0.00006	0.00005	-0.38054	0.91287	-1.40235	2.00000	0.00003
	3	Total	90	0.00000	0.00011	0.00002	0.00002	1.33152	0.25403	1.81243	0.50294	0.00001
		1	45	0.00000	0.00013	0.00002	0.00004	1.80435	0.35373	2.10297	0.69454	0.00000
		2	45	0.00000	0.00014	0.00004	0.00005	0.83795	0.35373	-0.75081	0.69454	0.00001
		3	3	0.00000	0.00004	0.00001	0.00002	1.73205	1.22474	.	.	0.00000
		4	5	0.00000	0.00010	0.00006	0.00005	-0.47521	0.91287	-2.50682	2.00000	0.00002
Hf	2	Total	98	0.00000	0.00014	0.00003	0.00004	1.15184	0.24376	-0.08438	0.48296	0.00001
		1	33	0.00000	0.00067	0.00037	0.00017	-0.30604	0.40864	-0.47189	0.79841	0.00028
		2	39	0.00000	0.00068	0.00036	0.00018	0.29440	0.37822	-1.01852	0.74100	0.00029
		3	13	0.00000	0.00068	0.00035	0.00023	0.12194	0.61634	-1.52073	1.19087	0.00022
		4	5	0.00029	0.00053	0.00039	0.00009	0.69870	0.91287	-0.96263	2.00000	0.00038
	3	Total	90	0.00000	0.00068	0.00036	0.00018	0.02420	0.25403	-0.90307	0.50294	0.00028
		1	45	0.00000	0.00168	0.00076	0.00066	0.25279	0.35373	-1.80909	0.69454	0.00034
		2	45	0.00000	0.00167	0.00040	0.00040	2.06284	0.35373	3.70976	0.69454	0.00021
		3	3	0.00001	0.00156	0.00068	0.00079	1.12184	1.22474	.	.	0.00019
		4	5	0.00000	0.00091	0.00035	0.00034	1.42536	0.91287	2.86271	2.00000	0.00015
Th	2	Total	98	0.00000	0.00168	0.00057	0.00057	0.95631	0.24376	-0.73139	0.48296	0.00026
		1	33	0.00000	0.00012	0.00002	0.00003	1.62851	0.40864	2.20535	0.79841	0.00001
		2	39	0.00000	0.00012	0.00003	0.00003	1.19842	0.37822	1.15904	0.74100	0.00002
		3	13	0.00000	0.00007	0.00003	0.00002	0.58439	0.61634	-0.61364	1.19087	0.00001
		4	5	0.00001	0.00025	0.00010	0.00009	1.37464	0.91287	2.25545	2.00000	0.00007
	3	Total	90	0.00000	0.00025	0.00003	0.00004	2.58299	0.25403	10.67357	0.50294	0.00001
		1	45	0.00000	0.00016	0.00002	0.00003	2.60823	0.35373	8.15952	0.69454	0.00000
		2	45	0.00000	0.00019	0.00005	0.00005	0.73643	0.35373	-0.18907	0.69454	0.00002
		3	3	0.00000	0.00015	0.00005	0.00008	1.71538	1.22474	.	.	0.00001
		4	5	0.00000	0.00006	0.00003	0.00003	0.59191	0.91287	-2.53053	2.00000	0.00001

h) Fracción PM_{2.5}, cocientes de las variables respecto de la componente crustal segmentados por la estación de muestreo (Estac.). 1 = Bastarache, 2 = Mompeán y 3 = Santa Ana.

	Estac.	Viento	N	Mínimo	Máximo	M.A.	D.T.	Asimetría	E.T.A.	Curtosis	E.T.C.	M.G.
PM _{2.5} inC	2	1	33	0.85321	16.44190	6.28455	3.25230	1.49059	0.40864	3.17532	0.79841	5.52220
		2	39	2.25488	11.03121	5.68102	2.50925	0.79301	0.37822	-0.43710	0.74100	5.18869
		3	13	0.86063	10.50881	5.46964	2.65756	0.54123	0.61634	0.48933	1.19087	4.73927
		4	5	1.46635	11.54344	4.87433	3.99700	1.56141	0.91287	2.56168	2.00000	3.79084
		Total	90	0.85321	16.44190	5.82697	2.88415	1.15917	0.25403	1.92914	0.50294	5.14897
	3	1	45	2.35630	49.36636	15.62077	11.06547	1.19666	0.35373	1.27815	0.69454	12.01543

5. Resultados

PM _{2.5} MinC	2	2	45	2.28671	37.77016	8.27988	6.25077	2.83349	0.35373	11.00047	0.69454	6.79723
		3	3	5.91198	9.25233	7.15507	1.82666	1.64414	1.22474	.	.	7.01126
		4	5	6.95190	27.76421	14.53747	8.03870	1.40870	0.91287	2.32984	2.00000	13.00245
		Total	98	2.28671	49.36636	11.93553	9.46334	1.75681	0.24376	3.27490	0.48296	9.13527
		1	33	0.85321	16.44190	6.28455	3.25230	1.49059	0.40864	3.17532	0.79841	5.52220
	3	2	39	2.25488	11.03121	5.68102	2.50925	0.79301	0.37822	-0.43710	0.74100	5.18869
		3	13	0.86063	10.50881	5.46964	2.65756	0.54123	0.61634	0.48933	1.19087	4.73927
		4	5	1.46635	11.54344	4.87433	3.99700	1.56141	0.91287	2.56168	2.00000	3.79084
		Total	90	0.85321	16.44190	5.82697	2.88415	1.15917	0.25403	1.92914	0.50294	5.14897
		1	45	2.35630	49.36636	15.62077	11.06547	1.19666	0.35373	1.27815	0.69454	12.01543
	3	2	45	2.28671	37.77016	8.27988	6.25077	2.83349	0.35373	11.00047	0.69454	6.79723
		3	3	5.91198	9.25233	7.15507	1.82666	1.64414	1.22474	.	.	7.01126
		4	5	6.95190	27.76421	14.53747	8.03870	1.40870	0.91287	2.32984	2.00000	13.00245
		Total	98	2.28671	49.36636	11.93553	9.46334	1.75681	0.24376	3.27490	0.48296	9.13527
		1	17	0.91724	3.60611	2.08839	0.86324	0.59859	0.54975	-1.00261	1.06320	1.92820
OM+ECinC	2	2	22	0.44389	3.33170	1.54289	0.76744	0.64445	0.49096	0.10548	0.95278	1.35337
		3	5	1.14979	2.47572	1.57064	0.52929	1.78307	0.91287	3.32409	2.00000	1.51101
		4	2	1.24173	1.58035	1.41104	0.23944	.	.	.	.	1.40084
		Total	46	0.44389	3.60611	1.74177	0.79927	0.74875	0.35010	-0.02044	0.68763	1.56345
		1	45	0.05478	12.66738	3.26637	2.90540	1.37498	0.35373	1.53159	0.69454	2.10985
	3	2	45	0.05716	8.46158	1.52734	1.62137	2.76999	0.35373	9.01929	0.69454	0.99585
		3	3	0.47745	2.16030	1.17957	0.87534	1.28721	1.22474	.	.	0.97584
		4	5	0.88280	3.30512	2.13238	1.07662	0.11504	0.91287	-2.57215	2.00000	1.89621
		Total	98	0.05478	12.66738	2.34610	2.41526	1.98218	0.24376	4.07722	0.48296	1.45183
		1	33	0.06507	0.16351	0.10713	0.02721	0.47144	0.40864	-0.77866	0.79841	0.10388
Al ₂ O ₃ inC	2	2	39	0.07236	0.16039	0.10785	0.02367	0.49026	0.37822	-0.77915	0.74100	0.10541
		3	13	0.06904	0.16069	0.11759	0.02742	-0.03627	0.61634	-0.59665	1.19087	0.11448
		4	5	0.08613	0.13643	0.10866	0.02313	0.38205	0.91287	-2.80222	2.00000	0.10673
		Total	90	0.06507	0.16351	0.10904	0.02537	0.38650	0.25403	-0.84259	0.50294	0.10618
		1	45	0.01170	0.17823	0.08462	0.04407	0.37118	0.35373	-0.59266	0.69454	0.07136
	3	2	45	0.00927	0.17738	0.10409	0.03876	0.23200	0.35373	-0.24165	0.69454	0.09513
		3	3	0.02052	0.13392	0.07243	0.05731	0.73145	1.22474	.	.	0.05569
		4	5	0.06881	0.15172	0.11368	0.03668	0.02413	0.91287	-2.30086	2.00000	0.10875
		Total	98	0.00927	0.17823	0.09467	0.04252	0.15780	0.24376	-0.58609	0.48296	0.08257
		1	33	0.07065	0.20800	0.14106	0.03845	-0.22907	0.40864	-0.89217	0.79841	0.13542
Ca _{in} C	2	2	39	0.05966	0.19869	0.13823	0.03332	-0.08028	0.37822	-0.67454	0.74100	0.13401
		3	13	0.06327	0.16774	0.12486	0.03595	-0.42174	0.61634	-1.04659	1.19087	0.11940
		4	5	0.11269	0.20070	0.14711	0.03605	0.71474	0.91287	-0.04668	2.00000	0.14371
		Total	90	0.05966	0.20800	0.13783	0.03566	-0.14960	0.25403	-0.73742	0.50294	0.13282
		1	45	0.03698	0.32256	0.14463	0.07806	0.49555	0.35373	-0.72792	0.69454	0.12299
	3	2	45	0.03665	0.27632	0.13559	0.05316	0.21447	0.35373	-0.11142	0.69454	0.12404
		3	3	0.07624	0.26475	0.15291	0.09905	1.39627	1.22474	.	.	0.13345
		4	5	0.06141	0.16440	0.10835	0.04770	0.47069	0.91287	-2.96308	2.00000	0.10019
		Total	98	0.03665	0.32256	0.13888	0.06645	0.55766	0.24376	-0.22926	0.48296	0.12249
		1	17	0.06893	0.20197	0.14015	0.03863	-0.49781	0.54975	-0.62387	1.06320	0.13432
Ca _{so} inC	2	2	22	0.05831	0.19254	0.14249	0.03288	-0.82088	0.49096	0.60196	0.95278	0.13803
		3	5	0.12485	0.15175	0.13526	0.01218	0.73751	0.91287	-2.20521	2.00000	0.13484
		4	2	0.14723	0.15189	0.14956	0.00330	.	.	.	.	0.14954
		Total	46	0.05831	0.20197	0.14114	0.03251	-0.64176	0.35010	0.16855	0.68763	0.13677
		1	33	0.02123	0.13607	0.06669	0.02767	0.51030	0.40864	-0.23510	0.79841	0.06105
	3	2	39	0.02316	0.11051	0.05024	0.01784	1.61387	0.37822	3.22842	0.74100	0.04768
		3	13	0.02120	0.07319	0.04785	0.01603	0.53211	0.61634	-0.37282	1.19087	0.04537
		4	5	0.02347	0.07558	0.04526	0.02056	0.79847	0.91287	-0.28328	2.00000	0.04169
		Total	90	0.02120	0.13607	0.05565	0.02319	1.11587	0.25403	1.07384	0.50294	0.05144

5. Resultados

Mg ²⁺ inC	3	1	45	0.02713	0.40772	0.13801	0.11147	1.22031	0.35373	0.52127	0.69454	0.10090
		2	45	0.02495	0.31684	0.06948	0.05662	2.85541	0.35373	9.50750	0.69454	0.05686
		3	3	0.02760	0.13031	0.07368	0.05216	0.87243	1.22474	.	.	0.06101
		4	5	0.04371	0.14500	0.08587	0.04098	0.60841	0.91287	-0.58693	2.00000	0.07814
		Total	98	0.02495	0.40772	0.10191	0.09136	1.90785	0.24376	3.19441	0.48296	0.07536
	2	1	33	0.01034	0.07109	0.02707	0.00970	3.06555	0.40864	13.38467	0.79841	0.02585
		2	39	0.01986	0.07059	0.03558	0.01176	1.23070	0.37822	1.28649	0.74100	0.03395
		3	13	0.02136	0.05956	0.03534	0.01045	1.06690	0.61634	1.07358	1.19087	0.03405
		4	5	0.02459	0.03965	0.03016	0.00686	0.78322	0.91287	-1.94559	2.00000	0.02957
		Total	90	0.01034	0.07109	0.03212	0.01123	1.51935	0.25403	2.62325	0.50294	0.03050
	3	1	45	0.00108	0.18789	0.03351	0.03667	3.09296	0.35373	10.12103	0.69454	0.02351
		2	45	0.00457	0.16280	0.04090	0.03511	1.89065	0.35373	3.45255	0.69454	0.03074
		3	3	0.02119	0.14547	0.06320	0.07125	1.73086	1.22474	.	.	0.04136
		4	5	0.01401	0.12530	0.04229	0.04697	2.10397	0.91287	4.52744	2.00000	0.02920
		Total	98	0.00108	0.18789	0.03826	0.03740	2.27145	0.24376	4.92167	0.48296	0.02735
Fe ²⁺ inC	2	1	33	0.02547	0.09886	0.05741	0.01791	-0.18441	0.40864	-0.23391	0.79841	0.05427
		2	39	0.02483	0.08835	0.04825	0.01683	0.84410	0.37822	-0.03453	0.74100	0.04563
		3	13	0.02312	0.08855	0.04595	0.01567	1.68765	0.61634	4.43535	1.19087	0.04384
		4	5	0.03166	0.06535	0.04678	0.01275	0.50189	0.91287	0.29659	2.00000	0.04541
		Total	90	0.02312	0.09886	0.05119	0.01732	0.50355	0.25403	-0.40150	0.50294	0.04833
	3	1	45	0.01338	0.19021	0.04465	0.02664	3.84483	0.35373	20.23096	0.69454	0.04011
		2	45	0.01223	0.06126	0.03201	0.01090	0.81488	0.35373	0.09753	0.69454	0.03032
		3	3	0.02127	0.04541	0.03311	0.01208	0.17183	1.22474	.	.	0.03159
		4	5	0.02503	0.05997	0.04050	0.01547	0.52710	0.91287	-2.59499	2.00000	0.03822
		Total	98	0.01223	0.19021	0.03828	0.02066	4.30438	0.24376	29.49836	0.48296	0.03493
SO ₄ ²⁻ inC	2	1	33	0.09811	4.46164	1.10562	0.79189	2.50486	0.40864	9.41824	0.79841	0.89020
		2	39	0.23808	3.38825	1.35996	0.87390	0.68812	0.37822	-0.55503	0.74100	1.08245
		3	13	0.20081	3.22182	1.24583	0.75722	1.47224	0.61634	3.36033	1.19087	1.03702
		4	5	0.08324	2.31409	0.83624	0.86236	1.76780	0.91287	3.57734	2.00000	0.51876
		Total	90	0.08324	4.46164	1.22112	0.82709	1.32294	0.25403	2.09384	0.50294	0.96124
	3	1	45	0.21822	5.22049	2.03896	1.17926	0.38603	0.35373	-0.14533	0.69454	1.61424
		2	45	0.20131	4.18607	1.26780	0.75888	1.51057	0.35373	3.78858	0.69454	1.06780
		3	3	1.12810	1.43475	1.26467	0.15605	0.92184	1.22474	.	.	1.25838
		4	5	1.09702	4.50606	2.26335	1.61942	0.83162	0.91287	-2.04324	2.00000	1.84670
		Total	98	0.20131	5.22049	1.67260	1.07801	0.99057	0.24376	0.66421	0.48296	1.33421
NO ₃ ⁻ inC	2	1	17	0.11419	2.78023	0.63175	0.68118	2.38286	0.54975	6.05436	1.06320	0.42844
		2	22	0.07513	1.22884	0.31776	0.27180	2.15379	0.49096	5.23340	0.95278	0.24547
		3	5	0.10320	0.27656	0.17248	0.06962	0.82126	0.91287	-0.06316	2.00000	0.16186
		4	2	0.64281	0.80140	0.72210	0.11214	.	.	.	.	0.71774
		Total	46	0.07513	2.78023	0.43559	0.48253	3.16879	0.35010	12.52235	0.68763	0.30199
	3	1	45	0.07097	7.14775	1.41280	1.44294	1.82942	0.35373	4.44069	0.69454	0.80575
		2	45	0.05900	5.39229	0.62132	0.89065	3.97511	0.35373	19.07393	0.69454	0.36591
		3	3	0.12287	0.51196	0.36557	0.21167	-1.62358	1.22474	.	.	0.30742
		4	5	0.17584	1.75509	0.84590	0.57018	1.00622	0.91287	2.47001	2.00000	0.67305
		Total	98	0.05900	7.14775	0.98838	1.21561	2.50491	0.24376	7.76601	0.48296	0.53949
Cl ⁻ inC	2	1	17	0.01448	0.44878	0.12463	0.12064	1.33221	0.54975	1.71557	1.06320	0.07644
		2	22	0.01475	0.24961	0.06370	0.06005	2.18100	0.49096	4.59346	0.95278	0.04715
		3	5	0.01366	0.07339	0.04170	0.02368	0.26573	0.91287	-1.12063	2.00000	0.03565
		4	2	0.01235	0.12914	0.07075	0.08259	.	.	.	.	0.03993
		Total	46	0.01235	0.44878	0.08413	0.08995	2.09720	0.35010	5.07829	0.68763	0.05429
	3	1	45	0.02086	1.27901	0.33402	0.28161	1.85066	0.35373	3.82716	0.69454	0.23934
		2	45	0.00000	0.50511	0.12710	0.10678	1.90039	0.35373	4.04959	0.69454	0.00000
		3	3	0.09766	0.19738	0.14269	0.05056	0.82915	1.22474	.	.	0.13687
		4	5	0.10223	0.41646	0.23182	0.13141	0.73476	0.91287	-1.44084	2.00000	0.20340

5. Resultados

NH ₄ ⁺ inC	2	Total	98	0.00000	1.27901	0.22793	0.22820	2.48259	0.24376	7.87970	0.48296	0.00000
		1	17	0.17632	2.15822	0.64721	0.52079	2.03061	0.54975	4.17336	1.06320	0.51294
		2	22	0.07145	1.22109	0.57650	0.38896	0.30078	0.49096	-1.46671	0.95278	0.43064
		3	5	0.43891	1.32118	0.74682	0.34324	1.58102	0.91287	2.70543	2.00000	0.69409
		4	2	0.43522	1.00659	0.72091	0.40402	.	.	.	.	0.66188
	3	Total	46	0.07145	2.15822	0.62742	0.42956	1.32915	0.35010	2.47149	0.68763	0.49298
		1	45	0.04654	4.09450	1.21818	0.99040	0.88467	0.35373	0.21538	0.69454	0.77692
		2	45	0.02910	4.08905	0.75838	0.74133	2.45545	0.35373	8.39356	0.69454	0.50454
		3	3	0.32135	0.62916	0.51883	0.17142	-1.69649	1.22474	.	.	0.49666
		4	5	0.21265	2.32029	1.03934	0.79992	1.19340	0.91287	1.73468	2.00000	0.79191
	LiinC	Total	98	0.02910	4.09450	0.97651	0.88152	1.46575	0.24376	2.09372	0.48296	0.62916
		1	33	0.00003	0.00009	0.00005	0.00002	0.98943	0.40864	0.69623	0.79841	0.00005
		2	39	0.00003	0.00010	0.00006	0.00002	1.24138	0.37822	0.44369	0.74100	0.00005
		3	13	0.00003	0.00007	0.00005	0.00001	0.06300	0.61634	-0.11848	1.19087	0.00005
		4	5	0.00003	0.00006	0.00005	0.00001	0.36057	0.91287	-1.58202	2.00000	0.00004
	PinC	Total	90	0.00003	0.00010	0.00005	0.00002	1.16856	0.25403	1.00793	0.50294	0.00005
		1	45	0.00000	0.00295	0.00015	0.00043	6.42013	0.35373	42.27459	0.69454	0.00007
		2	45	0.00001	0.00141	0.00011	0.00022	5.32525	0.35373	31.28285	0.69454	0.00006
		3	3	0.00004	0.00008	0.00006	0.00002	0.09265	1.22474	.	.	0.00006
		4	5	0.00001	0.00006	0.00003	0.00002	-0.27087	0.91287	-2.98426	2.00000	0.00002
	TiinC	Total	98	0.00000	0.00295	0.00012	0.00033	7.43313	0.24376	60.58430	0.48296	0.00006
		1	33	0.00021	0.01195	0.00391	0.00268	1.13819	0.40864	1.80585	0.79841	0.00291
		2	39	0.00092	0.00686	0.00330	0.00152	0.33860	0.37822	-0.76667	0.74100	0.00293
		3	13	0.00084	0.01218	0.00414	0.00349	1.22329	0.61634	0.89297	1.19087	0.00296
		4	5	0.00162	0.00696	0.00361	0.00214	1.03594	0.91287	0.89433	2.00000	0.00314
	VinC	Total	90	0.00021	0.01218	0.00366	0.00235	1.35994	0.25403	2.68796	0.50294	0.00294
		1	45	0.00027	0.02759	0.00562	0.00527	2.13189	0.35373	6.22086	0.69454	0.00354
		2	45	0.00038	0.01009	0.00323	0.00229	0.98368	0.35373	0.51759	0.69454	0.00245
		3	3	0.00171	0.00692	0.00446	0.00261	-0.48106	1.22474	.	.	0.00383
		4	5	0.00049	0.00583	0.00315	0.00190	0.02278	0.91287	1.82633	2.00000	0.00246
	NiinC	Total	98	0.00027	0.02759	0.00436	0.00409	2.69182	0.24376	11.15420	0.48296	0.00294
		1	33	0.00104	0.00515	0.00275	0.00093	0.49834	0.40864	0.21064	0.79841	0.00259
		2	39	0.00152	0.00491	0.00280	0.00069	0.53741	0.37822	1.23570	0.74100	0.00272
		3	13	0.00144	0.00374	0.00272	0.00071	-0.15236	0.61634	-0.67084	1.19087	0.00262
		4	5	0.00186	0.00384	0.00299	0.00078	-0.58219	0.91287	-0.19467	2.00000	0.00290
	LiinC	Total	90	0.00104	0.00515	0.00278	0.00079	0.38497	0.25403	0.43359	0.50294	0.00267
		1	45	0.00081	0.01552	0.00377	0.00251	2.66808	0.35373	10.34740	0.69454	0.00322
		2	45	0.00142	0.00536	0.00295	0.00116	0.79344	0.35373	-0.63323	0.69454	0.00275
		3	3	0.00177	0.00417	0.00266	0.00131	1.64840	1.22474	.	.	0.00247
		4	5	0.00211	0.00507	0.00333	0.00144	0.60468	0.91287	-3.08175	2.00000	0.00309
	PinC	Total	98	0.00081	0.01552	0.00334	0.00194	3.05092	0.24376	15.66239	0.48296	0.00296
		1	33	0.00010	0.00501	0.00173	0.00140	1.04925	0.40864	0.33488	0.79841	0.00117
		2	39	0.00038	0.02220	0.00496	0.00529	1.74507	0.37822	2.73673	0.74100	0.00291
		3	13	0.00014	0.00382	0.00193	0.00112	0.09382	0.61634	-0.38273	1.19087	0.00144
		4	5	0.00028	0.00402	0.00159	0.00149	1.38075	0.91287	1.85206	2.00000	0.00107
	TiinC	Total	90	0.00010	0.02220	0.00315	0.00393	2.81847	0.25403	9.06079	0.50294	0.00178
		1	45	0.00005	0.00934	0.00221	0.00189	1.78729	0.35373	4.00159	0.69454	0.00145
		2	45	0.00018	0.01239	0.00258	0.00260	2.33950	0.35373	5.68999	0.69454	0.00179
		3	3	0.00076	0.00151	0.00107	0.00039	1.40501	1.22474	.	.	0.00102
		4	5	0.00066	0.00475	0.00281	0.00172	-0.36820	0.91287	-2.16282	2.00000	0.00224
	NiinC	Total	98	0.00005	0.01239	0.00238	0.00221	2.26745	0.24376	6.17987	0.48296	0.00161
		1	33	0.00002	0.00319	0.00075	0.00073	1.57292	0.40864	2.79054	0.79841	0.00039
		2	39	0.00009	0.00949	0.00198	0.00216	1.92321	0.37822	3.74760	0.74100	0.00112
		3	13	0.00003	0.00179	0.00076	0.00056	0.41484	0.61634	-0.21107	1.19087	0.00043

5. Resultados

		4	5	0.00009	0.00213	0.00096	0.00079	0.71950	0.91287	0.19370	2.00000	0.00063
		Total	90	0.00002	0.00949	0.00129	0.00162	2.85387	0.25403	9.91458	0.50294	0.00064
	3	1	45	0.00017	0.00746	0.00141	0.00129	2.77035	0.35373	10.53062	0.69454	0.00104
		2	45	0.00012	0.00443	0.00128	0.00105	1.54805	0.35373	2.06291	0.69454	0.00092
		3	3	0.00048	0.00088	0.00062	0.00023	1.71115	1.22474	.	.	0.00060
		4	5	0.00078	0.00379	0.00178	0.00121	1.53117	0.91287	2.40963	2.00000	0.00150
		Total	98	0.00012	0.00746	0.00135	0.00116	2.31687	0.24376	7.78724	0.48296	0.00098
CuinC	2	1	33	0.00009	0.00591	0.00222	0.00169	0.50847	0.40864	-0.50851	0.79841	0.00129
		2	39	0.00007	0.02998	0.00237	0.00467	5.69925	0.37822	34.34365	0.74100	0.00125
		3	13	0.00005	0.00402	0.00109	0.00107	1.77299	0.61634	4.19507	1.19087	0.00060
		4	5	0.00006	0.00378	0.00158	0.00156	0.75469	0.91287	-1.48389	2.00000	0.00079
		Total	90	0.00005	0.02998	0.00209	0.00329	7.02650	0.25403	59.25347	0.50294	0.00111
	3	1	45	0.00006	0.01586	0.00173	0.00267	3.78760	0.35373	17.95000	0.69454	0.00083
		2	45	0.00002	0.02601	0.00162	0.00397	5.55138	0.35373	33.98899	0.69454	0.00052
		3	3	0.00041	0.00530	0.00254	0.00250	1.05134	1.22474	.	.	0.00161
		4	5	0.00014	0.00243	0.00112	0.00095	0.63081	0.91287	-1.61984	2.00000	0.00075
		Total	98	0.00002	0.02601	0.00167	0.00325	5.38100	0.24376	35.43992	0.48296	0.00068
ZninC	2	1	33	0.00062	0.08173	0.02454	0.01979	1.25346	0.40864	1.21904	0.79841	0.01624
		2	39	0.00035	0.08306	0.01762	0.01398	2.87950	0.37822	12.16014	0.74100	0.01286
		3	13	0.00836	0.08265	0.02136	0.01939	3.01022	0.61634	9.91978	1.19087	0.01724
		4	5	0.00710	0.03378	0.01670	0.01003	1.67273	0.91287	3.56538	2.00000	0.01470
		Total	90	0.00035	0.08306	0.02065	0.01703	2.06332	0.25403	4.76666	0.50294	0.01472
	3	1	45	0.00010	0.02680	0.00740	0.00596	1.09002	0.35373	1.19877	0.69454	0.00467
		2	45	0.00057	0.09413	0.00568	0.01370	6.39524	0.35373	42.06497	0.69454	0.00330
		3	3	0.00297	0.00471	0.00363	0.00095	1.61323	1.22474	.	.	0.00355
		4	5	0.00017	0.00962	0.00530	0.00389	-0.39050	0.91287	-1.71221	2.00000	0.00289
		Total	98	0.00010	0.09413	0.00639	0.01014	6.93750	0.24376	58.61288	0.48296	0.00385
RbinC	2	1	33	0.00006	0.00017	0.00011	0.00003	0.20698	0.40864	-0.20155	0.79841	0.00011
		2	39	0.00007	0.00014	0.00010	0.00002	0.77495	0.37822	0.35295	0.74100	0.00009
		3	13	0.00006	0.00013	0.00010	0.00002	-0.43917	0.61634	-0.33227	1.19087	0.00010
		4	5	0.00007	0.00012	0.00009	0.00002	-0.34053	0.91287	-1.06507	2.00000	0.00009
		Total	90	0.00006	0.00017	0.00010	0.00002	0.56589	0.25403	0.20162	0.50294	0.00010
	3	1	45	0.00006	0.00120	0.00021	0.00019	3.45954	0.35373	15.64865	0.69454	0.00017
		2	45	0.00004	0.00027	0.00012	0.00005	1.19933	0.35373	1.20258	0.69454	0.00011
		3	3	0.00006	0.00021	0.00011	0.00008	1.67250	1.22474	.	.	0.00010
		4	5	0.00007	0.00027	0.00017	0.00007	-0.28297	0.91287	1.31845	2.00000	0.00016
		Total	98	0.00004	0.00120	0.00017	0.00014	4.50939	0.24376	28.54679	0.48296	0.00014
ZrinC	2	1	33	0.00004	0.00663	0.00218	0.00135	1.15140	0.40864	2.30066	0.79841	0.00168
		2	39	0.00034	0.00485	0.00204	0.00125	0.78998	0.37822	-0.21891	0.74100	0.00166
		3	13	0.00009	0.00534	0.00204	0.00162	0.98906	0.61634	-0.04572	1.19087	0.00139
		4	5	0.00015	0.00288	0.00140	0.00111	0.20963	0.91287	-1.30677	2.00000	0.00091
		Total	90	0.00004	0.00663	0.00205	0.00133	0.93727	0.25403	0.72809	0.50294	0.00157
	3	1	45	0.00002	0.04053	0.00562	0.00786	2.93352	0.35373	9.63927	0.69454	0.00231
		2	45	0.00001	0.01141	0.00273	0.00210	1.66455	0.35373	5.45758	0.69454	0.00160
		3	3	0.00057	0.00601	0.00390	0.00291	-1.54801	1.22474	.	.	0.00260
		4	5	0.00053	0.00660	0.00375	0.00248	-0.31765	0.91287	-1.71347	2.00000	0.00275
		Total	98	0.00001	0.04053	0.00414	0.00569	4.08803	0.24376	20.68733	0.48296	0.00198
SbinC	2	1	33	0.00008	0.00317	0.00058	0.00059	2.96910	0.40864	11.29494	0.79841	0.00041
		2	39	0.00006	0.01484	0.00066	0.00234	6.17479	0.37822	38.39415	0.74100	0.00026
		3	13	0.00005	0.00081	0.00025	0.00020	2.03531	0.61634	5.59708	1.19087	0.00020
		4	5	0.00012	0.00048	0.00027	0.00014	0.98738	0.91287	0.48443	2.00000	0.00024
		Total	90	0.00005	0.01484	0.00055	0.00158	8.58365	0.25403	77.82305	0.50294	0.00029
	3	1	45	0.00002	0.00222	0.00044	0.00049	2.22930	0.35373	5.50902	0.69454	0.00025
		2	45	0.00002	0.00088	0.00018	0.00019	2.45513	0.35373	6.24461	0.69454	0.00013

5. Resultados

CsinC	2	3	3	0.00009	0.00022	0.00015	0.00006	0.41020	1.22474	.	.	0.00015
		4	5	0.00012	0.00055	0.00025	0.00018	1.78099	0.91287	3.15065	2.00000	0.00021
		Total	98	0.00002	0.00222	0.00030	0.00038	3.03854	0.24376	11.42001	0.48296	0.00018
		1	33	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	2.31071	0.40864	6.15668	0.79841	0.00001
		2	39	0.00001	0.00002	0.00001	0.00000	1.28208	0.37822	1.39648	0.74100	0.00001
	3	3	13	0.00001	0.00002	0.00001	0.00000	2.40965	0.61634	6.99774	1.19087	0.00001
		4	5	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000	1.47505	0.91287	2.00076	2.00000	0.00001
		Total	90	0.00000	0.00003	0.00001	0.00000	2.37096	0.25403	7.35037	0.50294	0.00001
		1	45	0.00000	0.00015	0.00001	0.00002	5.64841	0.35373	34.84198	0.69454	0.00000
		2	45	0.00000	0.00003	0.00000	0.00001	3.82147	0.35373	18.28227	0.69454	0.00000
BainC	2	3	3	0.00000	0.00001	0.00000	0.00001	1.73205	1.22474	.	.	0.00000
		4	5	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	2.23600	0.91287	4.99975	2.00000	0.00000
		Total	98	0.00000	0.00015	0.00001	0.00002	7.62113	0.24376	66.65268	0.48296	0.00000
		1	33	0.00053	0.00770	0.00222	0.00149	2.10385	0.40864	5.38644	0.79841	0.00187
		2	39	0.00013	0.00787	0.00228	0.00139	2.23233	0.37822	6.88006	0.74100	0.00193
	3	3	13	0.00053	0.00889	0.00250	0.00206	2.79772	0.61634	9.00320	1.19087	0.00203
		4	5	0.00039	0.00452	0.00227	0.00149	0.59969	0.91287	1.80052	2.00000	0.00177
		Total	90	0.00013	0.00889	0.00229	0.00152	2.28091	0.25403	6.53292	0.50294	0.00191
		1	45	0.00000	0.01354	0.00148	0.00298	2.98230	0.35373	9.11538	0.69454	0.00015
		2	45	0.00000	0.00613	0.00094	0.00109	2.91045	0.35373	11.39894	0.69454	0.00032
LainC	2	3	3	0.00000	0.00549	0.00262	0.00275	0.41704	1.22474	.	.	0.00029
		4	5	0.00001	0.00157	0.00095	0.00063	-0.75124	0.91287	-0.16380	2.00000	0.00038
		Total	98	0.00000	0.01354	0.00124	0.00221	3.70016	0.24376	16.09967	0.48296	0.00023
		1	33	0.00000	0.00008	0.00002	0.00003	0.56985	0.40864	-0.80207	0.79841	0.00001
		2	39	0.00000	0.00010	0.00003	0.00003	0.58479	0.37822	-0.52412	0.74100	0.00001
	3	3	13	0.00000	0.00007	0.00002	0.00002	0.77139	0.61634	-0.69627	1.19087	0.00001
		4	5	0.00000	0.00006	0.00003	0.00002	-0.00596	0.91287	-1.18714	2.00000	0.00001
		Total	90	0.00000	0.00010	0.00003	0.00003	0.64165	0.25403	-0.43074	0.50294	0.00001
		1	45	0.00000	0.00010	0.00003	0.00003	1.37278	0.35373	1.62038	0.69454	0.00002
		2	45	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	1.44607	0.35373	1.90633	0.69454	0.00002
CeinC	2	3	3	0.00000	0.00006	0.00003	0.00003	1.38894	1.22474	.	.	0.00002
		4	5	0.00000	0.00011	0.00005	0.00005	0.66760	0.91287	-1.58794	2.00000	0.00002
		Total	98	0.00000	0.00011	0.00003	0.00003	1.33839	0.24376	1.37466	0.48296	0.00002
		1	33	0.00000	0.00020	0.00005	0.00006	0.60461	0.40864	-0.54962	0.79841	0.00001
		2	39	0.00000	0.00019	0.00006	0.00005	0.28407	0.37822	-1.05628	0.74100	0.00002
	3	3	13	0.00000	0.00014	0.00005	0.00005	0.66980	0.61634	-1.09529	1.19087	0.00001
		4	5	0.00000	0.00011	0.00006	0.00004	-0.45066	0.91287	-1.21730	2.00000	0.00003
		Total	90	0.00000	0.00020	0.00006	0.00005	0.42968	0.25403	-0.88208	0.50294	0.00001
		1	45	0.00000	0.00021	0.00005	0.00005	1.06162	0.35373	1.02040	0.69454	0.00001
		2	45	0.00000	0.00017	0.00006	0.00004	0.68548	0.35373	0.43727	0.69454	0.00003
PrinC	2	3	3	0.00000	0.00010	0.00005	0.00005	-0.02485	1.22474	.	.	0.00001
		4	5	0.00000	0.00017	0.00008	0.00007	0.60290	0.91287	-0.29054	2.00000	0.00003
		Total	98	0.00000	0.00021	0.00006	0.00005	0.85867	0.24376	0.63776	0.48296	0.00002
		1	33	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.75572	0.40864	-0.26478	0.79841	0.00000
		2	39	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.17550	0.37822	-1.51979	0.74100	0.00000
	3	3	13	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.74486	0.61634	-0.98223	1.19087	0.00000
		4	5	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	0.06047	0.91287	-1.20513	2.00000	0.00000
		Total	90	0.00000	0.00002	0.00001	0.00001	0.45841	0.25403	-0.98003	0.50294	0.00000
		1	45	0.00000	0.00007	0.00001	0.00002	2.66129	0.35373	7.01967	0.69454	0.00000
		2	45	0.00000	0.00007	0.00001	0.00002	2.53640	0.35373	7.30919	0.69454	0.00000
HfinC	2	3	3	0.00000	0.00001	0.00000	0.00001	1.73156	1.22474	.	.	0.00000
		4	5	0.00000	0.00010	0.00005	0.00005	0.43688	0.91287	-2.73459	2.00000	0.00001
		Total	98	0.00000	0.00010	0.00001	0.00002	2.72965	0.24376	7.78834	0.48296	0.00000
		1	33	0.00000	0.00026	0.00010	0.00006	0.52580	0.40864	-0.13883	0.79841	0.00007

5. Resultados

	2	39	0.00000	0.00024	0.00010	0.00007	0.72811	0.37822	-0.33376	0.74100	0.00007
	3	13	0.00000	0.00028	0.00010	0.00008	0.98194	0.61634	-0.03650	1.19087	0.00006
	4	5	0.00001	0.00014	0.00007	0.00005	0.43794	0.91287	-0.76751	2.00000	0.00005
	Total	90	0.00000	0.00028	0.00010	0.00007	0.72065	0.25403	-0.17081	0.50294	0.00007
3	1	45	0.00000	0.00743	0.00081	0.00150	3.03934	0.35373	9.75885	0.69454	0.00021
	2	45	0.00000	0.00125	0.00014	0.00020	4.26655	0.35373	22.34816	0.69454	0.00006
	3	3	0.00000	0.00096	0.00037	0.00052	1.58535	1.22474	.	.	0.00008
	4	5	0.00000	0.00036	0.00017	0.00013	0.43993	0.91287	1.03254	2.00000	0.00009
	Total	98	0.00000	0.00743	0.00045	0.00107	4.55412	0.24376	23.32083	0.48296	0.00011

Tabla 5.7. Nivel de significación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de los valores medios de las variables tomando como factor la clasificación de los vientos y de los cocientes de las variables con respecto de la componente crustal en las fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$ y segmentando las variables por estación para aquellas variables o sus cocientes en los que hay diferencias significativas entre días con intrusión y sin ella (de izquierda a derecha primero aparece el contraste para todas las estaciones simultáneamente y a continuación segmentándolas). El nivel de significación considerado es del p-valor de 0.05 y así aparece marcado en **negrita** cuando se observa la diferencia significativa a ese umbral. El código de estaciones corresponde con Bastarreche = 1, Mompeán = 2 y Santa Ana = 3. “gl” indica los grados de libertad y “sig” el nivel de significación o p-valor.

a) PM_{10} .

			1	2	3				1	2	3
Variable	Sig.	Variable	Sig.	Sig.	Sig	Variable	Sig.	Variable	Sig.	Sig.	Sig
PM_{10}	0.000	PM_{10}	0.343	0.000	0.022			$PM_{10}inC$	0.369	0.157	0.123
$PM_{10}M$	0.021	$PM_{10}M$	0.213	0.066	0.022			$PM_{10}MinC$	0.225	0.157	0.123
OM+EC	0.134	OM+EC	0.021	0.048	0.644	OM+ECinC	0.041	OM+ECinC	0.008	0.196	0.022
Al_2O_3	0.049	Al_2O_3	0.360	0.935	0.009	Al_2O_3inC	0.009	Al_2O_3inC	0.353	0.321	0.323
Na	0.000					CainC	0.009	CainC	0.463	0.311	0.550
		K	0.131	0.586	0.107						
		Na	0.000	0.044	0.216	NainC	0.001				
Mg	0.000	Mg	0.045	0.048	0.005	MginC	0.013				
Mg_{sol}	0.043	Mg_{sol}		0.043							
Fe	0.422	Fe	0.323	0.481	0.057	FeinC	0.083	FeinC	0.003	0.043	0.855
SO_4^{2-}	0.030	SO_4^{2-}	0.097	0.285	0.128	$SO_4^{2-}inC$	0.069	$SO_4^{2-}inC$	0.201	0.444	0.360
NO_3^-	0.058	NO_3^-	0.342	0.300	0.116			NO_3^-inC	0.523	0.839	0.168
NH_4^+	0.401	NH_4^+	0.577	0.613	0.592			NH_4^+inC	0.354	0.695	0.084
Li	0.038	Li	0.371	0.768	0.108	LiinC	0.974				
						PinC	0.054	PinC	0.251	0.245	0.165
Ti	0.133	Ti	0.344	0.944	0.022	TiinC	0.687	TiinC	0.208	0.576	0.983
V	0.000	V	0.001	0.051	0.002	VinC	0.000				
		Cr	0.969	0.490	0.001						
Mn	0.515	Mn	0.313	0.491	0.083			MninC	0.002	0.069	0.397
		Co	0.234	0.667	0.010						
Ni	0.000	Ni	0.021	0.067	0.003						
		Cu	0.012	0.048	0.920	CuinC	0.144				
Zn	0.673										
As	0.698	As	0.354	0.074	0.083			AsinC	0.075	0.176	0.221

5. Resultados

Se	0.853	Se	0.201	0.080	0.302						
Rb	0.075	Rb	0.138	0.880	0.030	RbinC	0.361	RbinC	0.923	0.046	0.655
		Sr	0.123	0.341	0.006	SrinC	0.069	SrinC	0.045	0.039	0.778
Y	0.037	Y	0.860	0.801	0.082	YinC	0.043				
Zr	0.006	Zr	0.862	0.269	0.765			ZrinC	0.825	0.318	0.101
								CdinC	0.026	0.095	0.047
								SninC	0.016	0.202	0.443
						SbinC	0.027	SbinC	0.004	0.021	0.048
Cs	0.013	Cs	0.245	0.979	0.018	CsinC	0.413				
Ba	0.309	Ba	0.449	0.500	0.045						
La	0.002	La	0.091	0.598	0.002	LainC	0.014	LainC	0.024	0.621	0.059
Ce	0.091	Ce	0.572	0.652	0.021	CeinC	0.980	CeinC	0.393	0.323	0.832
Pr	0.034	Pr	0.253	0.707	0.029	PrinC	0.150	PrinC	0.255	0.319	0.132
Nd	0.067	Nd	0.614	0.769	0.029	NdinC	0.358	NdinC	0.127	0.408	0.414
		Hf	0.029	0.065	0.108			HfinC	0.090	0.085	0.017
		Tl	0.454	0.007	0.054						
		Pb	0.063	0.006	0.591						
Th	0.020	Th	0.718	0.459	0.038	ThinC	0.428	ThinC	0.681	0.212	0.329
Mo	0.049					MoinC	0.038				

b) PM_{2.5}.

Variable	Sig.	Variable	2	3	Variable	Sig.	Variable	2	3
PM _{2.5} M	0.079	PM _{2.5} M	0.074	0.290			PM _{2.5} inC	0.530	0.001
		OM+EC	0.047	0.636	OM+ECinC	0.000	PM _{2.5} MinC	0.530	0.001
Al ₂ O ₃	0.002	Al ₂ O ₃	0.275	0.000	Al ₂ O ₃ inC	0.115	OM+ECinC	0.178	0.002
		Ca	0.187	0.003	CainC	0.767	Al ₂ O ₃ inC	0.671	0.069
Ca _{sol}	0.570	Ca _{sol}	0.570		Ca _{sol} inC	0.728	CainC	0.631	0.779
							Ca _{sol} inC	0.728	
Na	0.001						KinC	0.029	0.006
Mg	0.000	Mg	0.007	0.001	MginC	0.002	MginC	0.000	0.309
Fe	0.342	Fe	0.140	0.102	FeinC	0.009	FeinC	0.059	0.007
SO ₄ ²⁻	0.019	SO ₄ ²⁻	0.233	0.156			SO ₄ ²⁻ inC	0.326	0.010
					NO ₃ -inC	0.000	NO ₃ -inC	0.015	0.005
Cl ⁻	0.002	Cl ⁻	0.079	0.100	Cl ⁻ inC	0.000	Cl ⁻ inC	0.412	0.000
NH ₄ ⁺	0.697	NH ₄ ⁺	0.297	0.341			NH ₄ ⁺ inC	0.639	0.127
Li	0.004						LiinC	0.488	0.178
							PinC	0.941	0.125
Ti	0.044	Ti	0.363	0.028	TiinC	0.660	TiinC	0.751	0.384
V	0.000	V	0.001	0.001			VinC	0.006	0.462
Cr	0.000								
Mn	0.629	Mn	0.094	0.220					
Ni	0.000	Ni	0.001	0.010			NiinC	0.010	0.366
							CuinC	0.141	0.261
Zn	0.117						ZninC	0.474	0.027
As	0.403								
Rb	0.380	Rb	0.143	0.047			RbinC	0.020	0.009
Sr	0.002	Sr	0.061	0.001					
Y	0.052								
Zr	0.516	Zr	0.918	0.080			ZrinC	0.649	0.407

5. Resultados

						SbinC	0.024	0.027
Cs	0.452					CsinC	0.306	0.000
Ba	0.051	Ba	0.124	0.135	BainC	0.118	BainC	0.921 0.436
La	0.003	La	0.047	0.004	LainC	0.222	LainC	0.479 0.503
Ce	0.035	Ce	0.195	0.035	CeinC	0.647	CeinC	0.942 0.754
Pr	0.019	Pr	0.129	0.145	PrinC	0.414	PrinC	0.934 0.256
Nd	0.044							
		Hf	0.877	0.180			HfinC	0.719 0.005
Th	0.000	Th	0.047	0.004				
U	0.097							
Mo	0.123				MoinC	0.068		

5.1.4. Cumplimiento con los límites normativos

La normativa vigente sobre los valores de inmisión de PM_{10} incluye la Directiva Europea 2008/50/CE y el Real Decreto 1073/2002. Aunque la norma española fue la transposición de la anterior Directiva 1999/30/CE, no difiere de la más reciente Directiva 2008/50/CE en términos del límite anual y el número de veces que el valor límite diario puede excederse.

La Tabla 5.8 indica la concentración anual promedio de PM_{10} y los días de superación del valor límite diario (que es $50 \mu gPM_{10}/m^3$ a partir de 2005) en las estaciones con datos de PM_{10} con el método gravimétrico para cada año disponible conforme a la Tabla 4.1. En la Tabla 5.9 se detalla el estudio de superaciones al valor límite diario en cada estación y por años. En la Tabla 5.10 se promedian los valores disponibles de la Tabla 5.9 para crear un año promedio en base a la información con que se cuenta.

5. Resultados

Tabla 5.8. Concentración media anual de PM_{10} en $\mu gPM_{10}/m^3$ (A) y el número de días que se excede el valor límite diario (D) a aplicar a partir de 2005. Los valores en negrita indican superación del valor límite legal. Los huecos significan datos no disponibles. Las concentraciones de PM_{10} están redondeadas a la unidad.

Año	Límite	Bastarreche	Santa Ana	Mompeán
2004	A	39	47	
	D	74	27	
2005	A	38	36	29
	D	33	2	4
2006	A			34
	D			33
2007	A			34
	D			29
2008	A			29
	D			18

La Tabla 5.9 indica cómo el número de días que se excede el valor límite diario se distribuye en los meses en el periodo estudiado en cada estación. Debido a que la disponibilidad de datos varía en las tres estaciones (ver Tabla 4.1), la Tabla 5.10 ofrece el número promedio de días en que se excede el valor límite diario durante el periodo estudiado: el valor de cada mes es calculado a partir de todos los años cuando ese mes registra valores de PM_{10} . Con la intención de evitar el sesgo de los años sin registros para el año completo, el valor anual es calculado como la suma de los doce valores mensuales promediados. Al considerar este valor anual calculado para el periodo estudiado y dónde los problemas de cumplimiento normativo pueden residir, el problema estaría en Bastarreche, estación de tráfico en la que 74 veces de media es más del doble de superaciones permitidas en un año. La mayor frecuencia de las superaciones al límite diario en Bastarreche y Mompeán ocurre en meses de invierno mientras que la menor frecuencia de superaciones ocurre en meses de primavera. En

5. Resultados

Santa Ana la mayor frecuencia de superaciones se produce en otoño o finales de verano y la menor frecuencia de superaciones en meses de invierno o en mayo.

Tabla 5.9. Suma del número de días de superación del valor límite diario de PM_{10} ($50 \mu gPM_{10}/m^3$ a partir de 2005) distribuidos por meses en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

$PM_{10} > 50$	Bastarreche	Santa Ana	Mompeán
Enero	30	1	17
Febrero	13	2	10
Marzo	11	5	7
Abril	0	3	4
Mayo	2	0	2
Junio	2	1	5
Julio	10	2	6
Agosto	2	5	7
Septiembre	12	4	3
Octubre	13	6	8
Noviembre	11	0	9
Diciembre	1	0	6
Anual	107	29	84

Tabla 5.10. Promedio del número de días de superación del valor límite diario de PM_{10} ($50 \mu gPM_{10}/m^3$ a partir de 2005) distribuidos por meses en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

$PM_{10} > 50$	Bastarreche	Santa Ana	Mompeán
Enero	15	1	6
Febrero	7	1	3
Marzo	6	3	2
Abril	0	3	1
Mayo	1	0	1
Junio	1	1	2
Julio	5	2	2
Agosto	2	5	2
Septiembre	12	4	1
Octubre	13	6	2
Noviembre	11	0	2
Diciembre	1	0	2
Anual	73	25	25

5. Resultados

5.2. Medidas en tiempo real

Tal como se describe en secciones anteriores, en el periodo 1998-2008 se dispone de datos sobre niveles de determinados contaminantes criterio medidos en tiempo real para quince estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Región de Murcia. Los niveles medios se detallan en la Tabla 5.11. Igualmente, en anteriores apartados ya se establece una clasificación de cada estación de muestreo como rural, suburbana, suburbana con influencia de la industria pesada y urbana.

Tabla 5.11. Niveles promedio de contaminantes medidos en tiempo real en cada estación de la Región de Murcia: por años y durante el total del periodo con datos disponibles. Los huecos significan no disponibilidad de datos. Los resultados están redondeados a la unidad.

Media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁	SO ₂	NO _x
Alcantarilla		25	17	14	10	43
1998						
1999						
2000						
2001						
2002		20	15		8	35
2003		16	12		11	42
2004		23	15	11	9	40
2005		15	14	11	10	35
2006		46	27	20	10	50
2007		26	16	11	11	49
2008		32	21	16	8	54
Alumbres	51	34		9	21	34
1998	50				18	20
1999	54				28	53
2000	51				24	27
2001	44				27	22
2002	50				32	38
2003	50			9	18	42
2004	56	25			11	41
2005		30			16	31
2006		32			16	38
2007		39			15	37
2008		35			20	37
Lo Campano	41				26	
1998	39				24	
1999	44				33	
2000	44				26	
2001	39				20	
2002	35				22	
2003						
2004						
2005						
2006						

5. Resultados

2007						
2008						
San Ginés	42	38			14	43
1998	40				14	44
1999	50				19	50
2000	48				18	50
2001	40				14	51
2002	38				16	40
2003	41				17	30
2004	39	37			14	32
2005		35			12	43
2006		34			8	43
2007		45			8	49
2008		40			11	42
Bastarache	75				27	115
1998	82				31	187
1999	94				52	146
2000	80				31	100
2001	85				23	92
2002	65				24	98
2003					18	96
2004	47				14	84
2005	52				10	180
2006						
2007						
2008						
Mompeán		45			13	45
1998						
1999						
2000						
2001						
2002						
2003						
2004						
2005					19	67
2006		42			10	33
2007		48			12	49
2008		44			16	52
Escombreras	37	54			7	33
1998	36				7	23
1999	33				8	14
2000	34				5	12
2001	38				6	39
2002	42				5	43
2003	40				14	30
2004	36	35			5	37
2005		54			7	55
2006		63			9	43
2007		55			5	38
2008		38			14	32
La Asomada	28				10	
1998	30				30	
1999	27				9	
2000	29				10	
2001	27				12	
2002						
2003						
2004						
2005						
2006						
2007						
2008						

5. Resultados

Santa Ana	25				7	
1998	17				7	
1999	28				7	
2000	28				9	
2001	26				7	
2002						
2003						
2004						
2005						
2006						
2007						
2008						
La Unión		22			13	21
1998		33			8	12
1999		11			10	17
2000		14			14	23
2001		14			21	21
2002		6			19	24
2003		7			14	17
2004		12				23
2005		36			14	24
2006		38			10	26
2007		41			9	24
2008		19			13	24
La Aljorra	57	40			10	26
1998	67				15	22
1999	64				15	15
2000	66				11	9
2001	57				10	9
2002	51				12	8
2003	51				6	24
2004	42	25			9	27
2005		36			9	42
2006		36			3	58
2007		50			7	38
2008		39			9	33
Lorca	25	30			9	31
1998						
1999						
2000						
2001						
2002	28				16	33
2003	24				9	54
2004		23			9	
2005		47			6	22
2006		22			9	22
2007		26			8	24
2008		33			8	25
San Basilio		21	17	13	5	69
1998						
1999						
2000						
2001						
2002		22	17	14	6	86
2003		19	16	14	6	96
2004		13	13	11	4	
2005		25	19	14	5	57
2006		15	14	10	4	39
2007		27	19	15	6	72
2008		25	19	14	8	64
Torre ciega					9	46
1998						

5. Resultados

1999						
2000						
2001						
2002						
2003						
2004					13	38
2005					10	33
2006					5	55
2007					12	54
2008					5	54
Caravaca		25				12
1998						
1999						
2000						
2001						
2002						
2003						
2004						
2005						
2006						
2007		22				20
2008		26				9

5.2.1. Evolución interanual

El rango de Partículas Totales en Suspensión (TSP por sus siglas del inglés *Total Suspended Particles*) en estaciones rurales o suburbanas varía de los 25 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$ en Santa Ana y Lorca hasta los 28 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$ en La Asomada. Los valores de TSP en los tipos de estaciones suburbanas, con influencia de la industria pesada, y urbanas varían entre 37-75 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$ en Escombreras y Bastarache respectivamente. La Figura 5.4 ilustra la evolución interanual de TSP es estaciones rurales o suburbanas, mientras que la Figura 5.5 lo hace para las estaciones suburbanas con influencia de la industria pesada y las urbanas. Los valores de TSP no varían notoriamente en la mayoría de los emplazamientos entre los años con datos disponibles. Sin embargo, Bastarache descende de 85 a 65 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$ desde 2001 a 2002. Santa Ana muestra un pronunciado incremento de 17 a 28 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$ desde 1998 hasta 1999, lo que difiere con la cercana estación del mismo tipo La Asomada (30 a 27 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$). La situación encontrada en Santa Ana también se produce, de algún modo, en Bastarache, San Ginés, Alumbres y

5. Resultados

Lo Campano. Todas estas estaciones están bajo la influencia de la industria pesada de la misma ciudad: Cartagena.

Figura 5.4. Evolución interanual de niveles de TSP medidos en tiempo real en estaciones rurales y suburbanas de la Región de Murcia.

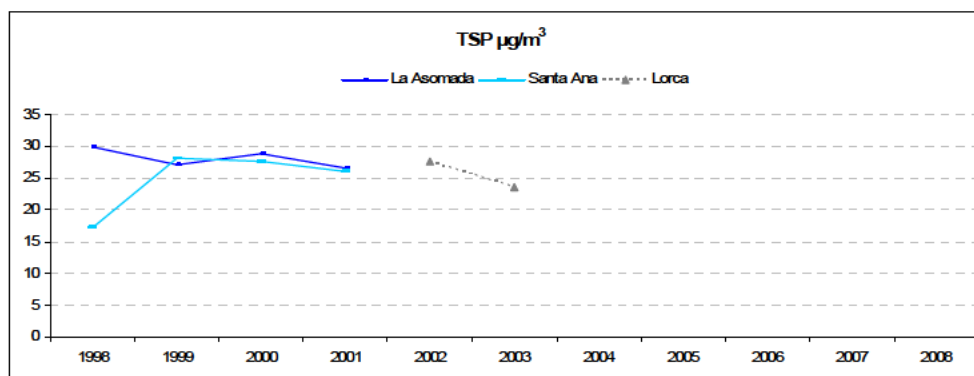
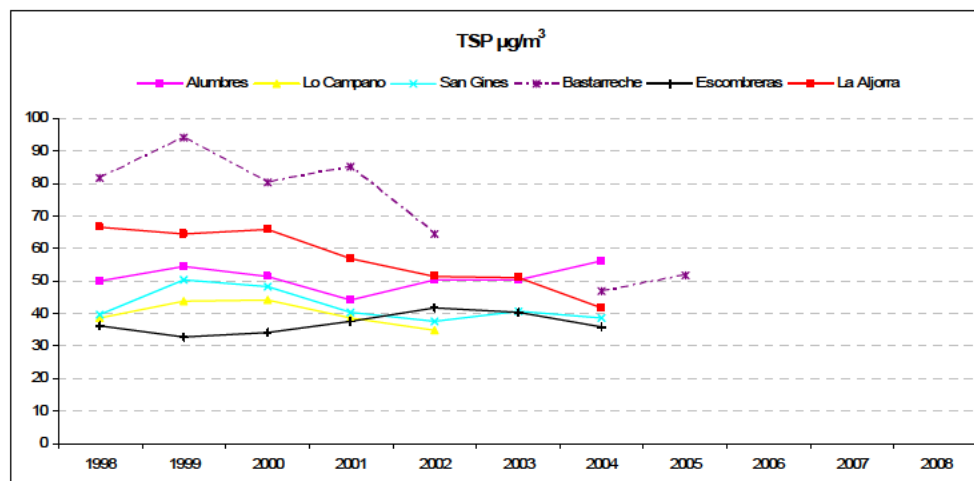


Figura 5.5. Evolución interanual de niveles de TSP medidos en tiempo real en estaciones suburbanas, con influencia de la industria pesada, y urbanas de la Región de Murcia.



Los valores de PM_{10} en emplazamientos rurales o suburbanos varían entre 21-30 $\mu gPM_{10}/m^3$ en San Basilio y Lorca, respectivamente (Figura 5.6). Las estaciones suburbanas con influencia de la industria pesada y las urbanas (Figura 5.7) presentan valores entre 34-54 $\mu gPM_{10}/m^3$ en Alumbres y Escombreras, respectivamente. Los

5. Resultados

niveles de PM_{10} en La Unión (Figura 5.6) sufren una profunda caída desde 1998 a 1999 (33 a 11 $\mu gPM_{10}/m^3$) y sus siguientes valores extremadamente bajos hasta 2004 (un rango de 6 a 14 $\mu gPM_{10}/m^3$), a partir del cual se dobla el promedio anual, presentan un comportamiento que no se produce en ningún otro punto para ninguno de los tamaños de partículas. En el resto de las estaciones la variabilidad de los niveles de PM_{10} parece estar controlada por las emisiones locales, por lo que la evolución temporal es diferente.

Figura 5.6. Evolución interanual de niveles de PM_{10} medido en tiempo real en estaciones rurales y suburbanas de la Región de Murcia.

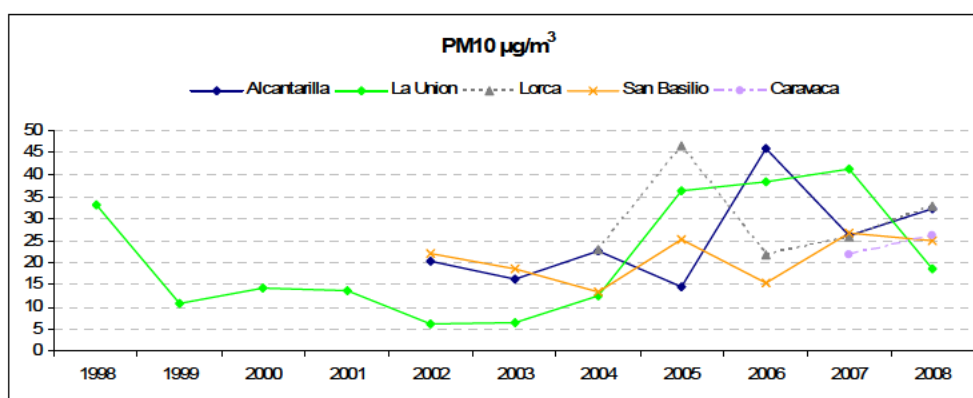
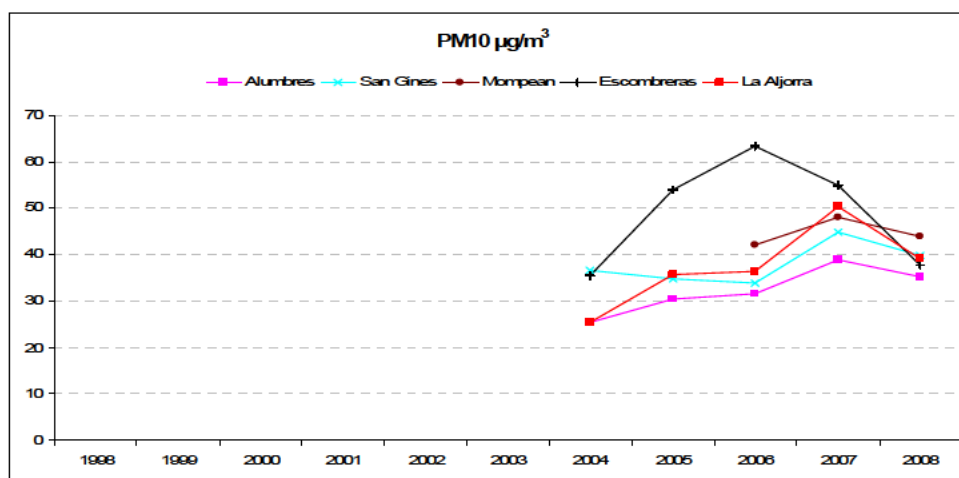


Figura 5.7. Evolución interanual de niveles de PM_{10} medido en tiempo real en estaciones urbanas y suburbanas con gran influencia de la industria en la Región de Murcia.



5. Resultados

En las Figuras 5.8 y 5.9 se presentan los valores medios anuales de $PM_{2.5}$ y PM_{10} en Alcantarilla y San Basilio, sus gráficos reproducen la misma forma de los gráficos de PM_{10} en esas estaciones. Se observa que las medidas disponibles indican que la fracción más fina supone siempre más del 50% de su fracción inmediatamente más gruesa.

La Figura 5.10 muestra la evolución de los valores medios anuales de dióxido de azufre en las estaciones de medida, rurales y suburbanas, de la Región de Murcia; la Figura 5.11 recoge los mismos valores para las estaciones de medida, urbanas y suburbanas, con influencia industrial, en la misma red de vigilancia.

Las Figuras 5.12 y 5.13 muestran análoga información que las dos anteriores pero en este caso el contaminante es NO_x . En relación con este contaminante se debe destacar que:

- a) Las estaciones muestran una tendencia a incrementar los niveles salvo en Caravaca, pero este enclave sólo tiene ocho meses de muestreo entre 2007 y 2008.
- b) Se produce el traslado de los equipos de medida desde Bastarreche a Mompeán, más alejada de la influencia directa del tráfico.

5. Resultados

Figura 5.8. Evolución interanual de los niveles de $PM_{2.5}$ medidos en tiempo real en Alcantarilla y San Basilio.

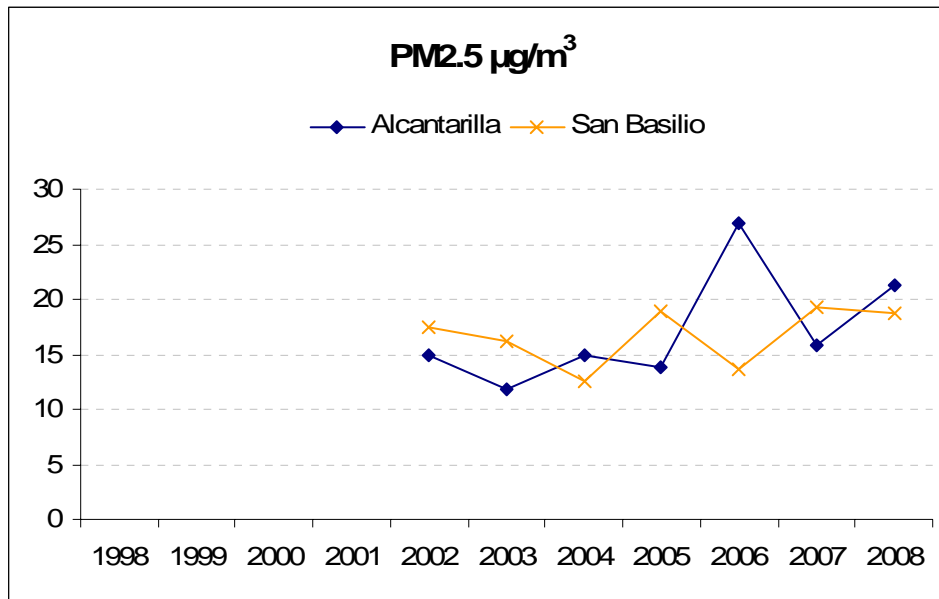
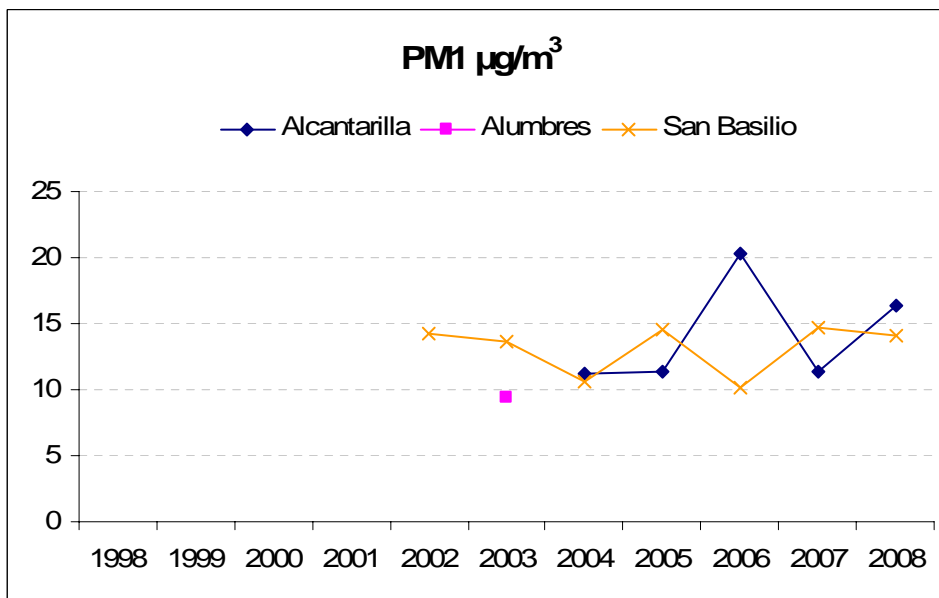


Figura 5.9. Evolución interanual de los niveles de PM_1 medidos en tiempo real en Alcantarilla y San Basilio y concentración en Alumbres en 2003.



5. Resultados

Figura 5.10. Evolución interanual de los niveles de SO_2 medidos en tiempo real en estaciones rurales y suburbanas de la Región de Murcia.

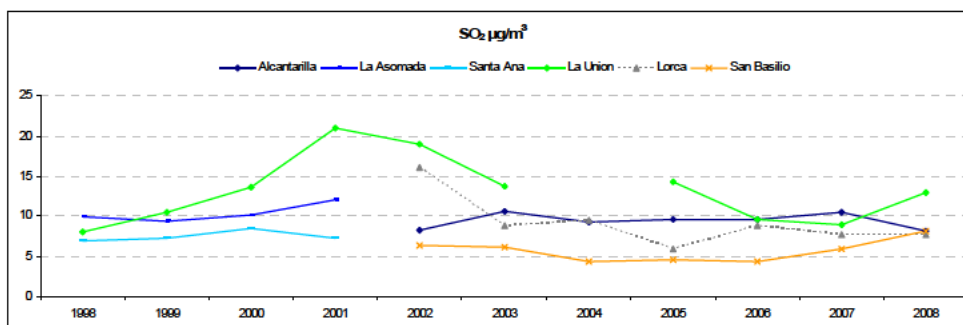


Figura 5.11. Evolución interanual de los niveles de SO_2 medidos en tiempo real en estaciones urbanas y suburbanas con gran influencia industrial en la Región de Murcia.

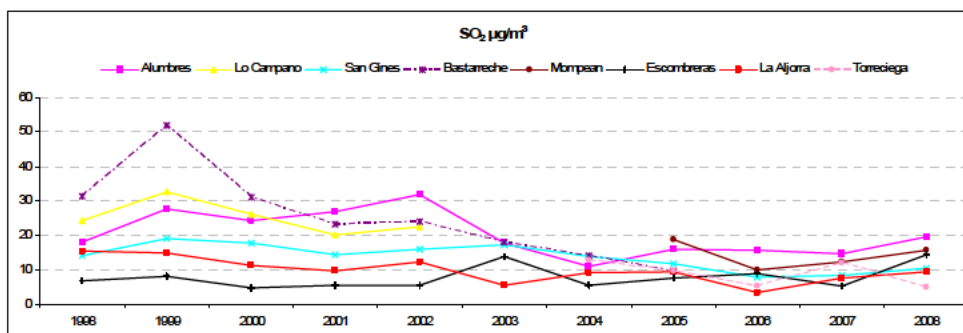
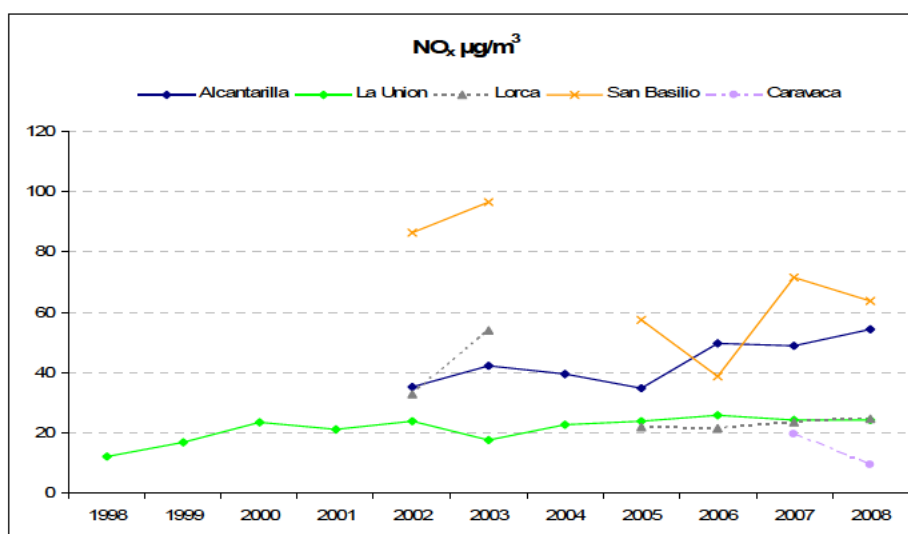
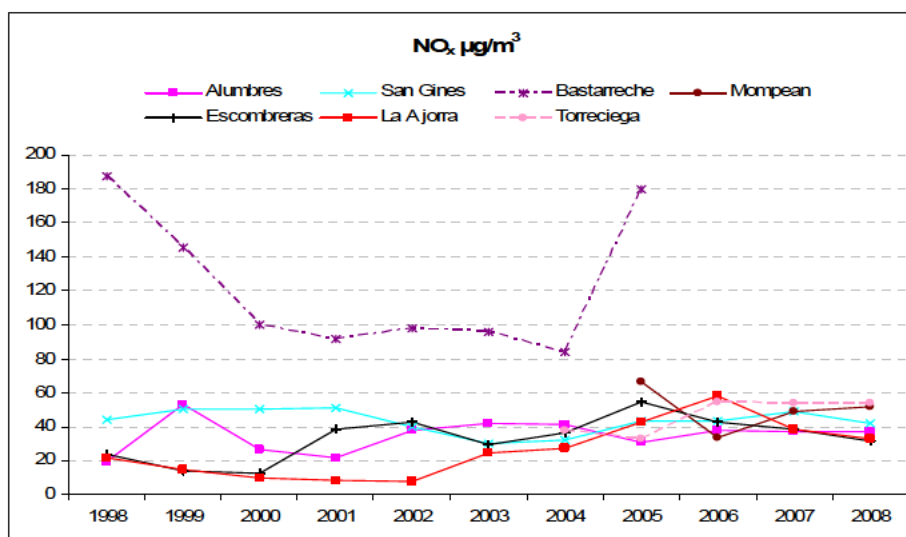


Figura 5.12. Evolución interanual de los niveles de NO_x medidos en tiempo real en estaciones rurales y suburbanas de la Región de Murcia.



5. Resultados

Figura 5.13. Evolución interanual de los niveles de NO_x medidos en tiempo real en estaciones urbanas y suburbanas con gran influencia industrial en la Región de Murcia.



5.2.2. Evolución mensual

Con el fin de poder introducir en la discusión de los resultados aspectos relacionados con las precipitaciones en la zona de estudio, se recogen en la Figura 5.14 los valores medios mensuales de las precipitaciones acumuladas recogidas en Cartagena desde 1998 a 2008; los valores medios mensuales de precipitación en Cartagena aparecen en las Figuras 5.18 a 5.20, 5.24 y 5.25.

En la Tabla 5.12 se presentan los niveles medios mensuales y anuales de las concentraciones de partículas totales en suspensión (TSP) en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia desde enero de 1998 hasta febrero de 2005, en que hay datos disponibles para este parámetro, ver Tabla 4.1. Los huecos en la tabla son debidos a la falta de datos disponibles, los valores se han redondeado a la unidad. La Figura 5.15 muestra como gráfico de líneas la evolución de los valores medios mensuales de TSP del conjunto de los datos del periodo señalado para los distintos puntos de medida de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia.

5. Resultados

La Tabla 5.13 muestra las medias mensuales y anuales de las concentraciones de PM_{10} medidas en la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia desde enero de 1998 a mayo de 2008, los detalles de disponibilidad de datos se recogen en la Tabla 4.1. Los huecos son consecuencia de la falta de datos para ese periodo. Los valores se han redondeado a la unidad. La Tabla 5.14 recoge la misma información para las concentraciones de $PM_{2.5}$, parámetro del que se tienen datos desde marzo de 2002 a mayo de 2008. La Tabla 5.15 muestra los niveles medios mensuales y anuales para la fracción PM_1 , para los datos desde marzo de 2002 a Mayo de 2008.

La Figura 5.16 muestra la evolución de la media mensual de las estaciones de muestreo rurales y suburbanas de la Región de Murcia para la variable PM_{10} , con los datos desde enero de 1998 a mayo de 2008. Los detalles de las medidas aparecen en la Tabla 4.2. La Figura 5.17 muestra la misma información para las estaciones de muestreo urbanas o suburbanas con gran influencia industrial de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia.

La Figura 5.18 presenta los valores medios mensuales de TSP en todas las estaciones para aquellos meses con registros disponibles en el total del periodo estudiado. La Figura 5.19 presenta los valores medios mensuales de PM_{10} en estaciones rurales y suburbanas durante todo el periodo estudiado y la Figura 5.20 presenta los valores medios mensuales de PM_{10} en estaciones urbanas y suburbanas con gran influencia industrial durante todo el periodo estudiado.

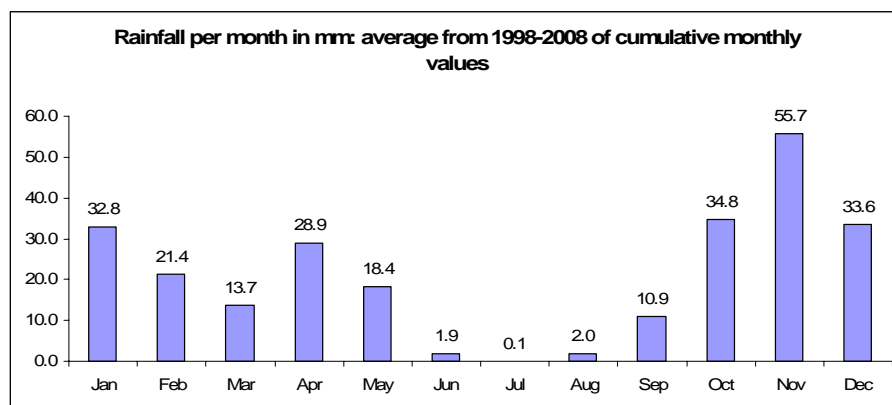
La Tabla 5.16 muestra los valores medios mensuales y anuales de las concentraciones de SO_2 medidos en tiempo real en la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia, con los datos desde enero de 1998 a mayo de 2008. Las Figuras 5.21

5. Resultados

y 5.22 recogen los valores medios mensuales de SO_2 de las estaciones rurales y suburbanas y de las urbanas y suburbanas con gran influencia industrial.

La Tabla 5.17 muestra los valores medios mensuales y anuales de las concentraciones de NO_x medidos por métodos en continuo en la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia, con los datos desde enero de 1998 a mayo de 2008. Las Figuras 5.23 y 5.24 recogen los valores medios mensuales de NO_x de las estaciones rurales y suburbanas y de las urbanas y suburbanas con gran influencia industrial.

Figura 5.14. Valores medios mensuales de precipitación (mm) en la ciudad de Cartagena durante el periodo desde enero de 1998 a mayo de 2008.

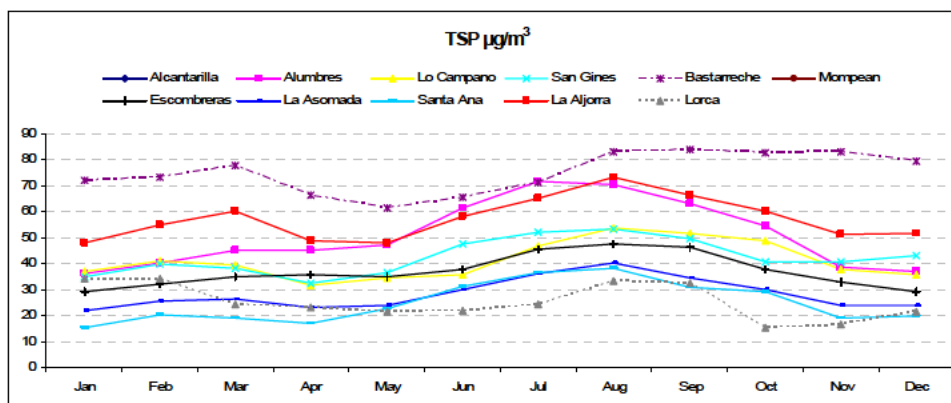


5. Resultados

Tabla 5.12. Media mensual y anual de niveles de TSP medidos en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

Enero 1998 – Febrero 2005; TSP (µgTSP/m³)															
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarreche	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Torrecliega	Caravaca
Enero		36	37	35	72		29	22	15		48	34			
Febrero		40	41	40	73		32	25	20		55	34			
Marzo		45	39	38	78		35	26	19		60	24			
Abril		45	32	32	66		36	23	17		49	23			
Mayo		47	34	37	61		35	24	23		48	21			
Junio		61	36	47	66		38	30	31		58	21			
Julio		72	47	52	71		46	36	36		65	24			
Agosto		70	53	53	83		48	40	38		73	33			
Septiembre		63	52	50	84		46	35	31		66	32			
Octubre		54	49	41	83		38	30	29		60	15			
Noviembre		38	38	40	83		33	24	19		51	16			
Diciembre		37	36	43	79		29	24	20		52	21			
Anual		51	41	42	75		37	28	25		57	25			

Figura 5.15. Evolución mensual de niveles de TSP medidos en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.



5. Resultados

Tabla 5.13. Media mensual y anual de niveles de PM₁₀ medidos en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

Enero 1998 – Mayo 2008; PM ₁₀ (µgPM ₁₀ /m ³)															
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarache	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Torrecliega	Caravaca
Enero	28	30		42		45	49			17	35	26	22		23
Febrero	30	28		36		44	52			17	35	22	22		27
Marzo	31	34		38		44	69			21	38	27	20		29
Abril	25	33		36		40	55			20	37	28	19		29
Mayo	24	37		37		41	61			24	43	34	20		23
Junio	23	43		43		45	66			27	56	38	22		
Julio	28	42		42		42	58			30	55	37	21		
Agosto	27	40		39		58	56			26	48	35	20		
Septiembre	24	33		37		57	58			23	40	31	18		
Octubre	22	31		34		39	51			21	33	31	17		
Noviembre	22	31		40		47	42			19	35	27	23		26
Diciembre	16	25		34		42	37			16	29	24	23		18
Anual	25	34		38		45	54			22	40	30	21		25

Tabla 5.14. Media mensual y anual de niveles de PM_{2.5} medidos en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

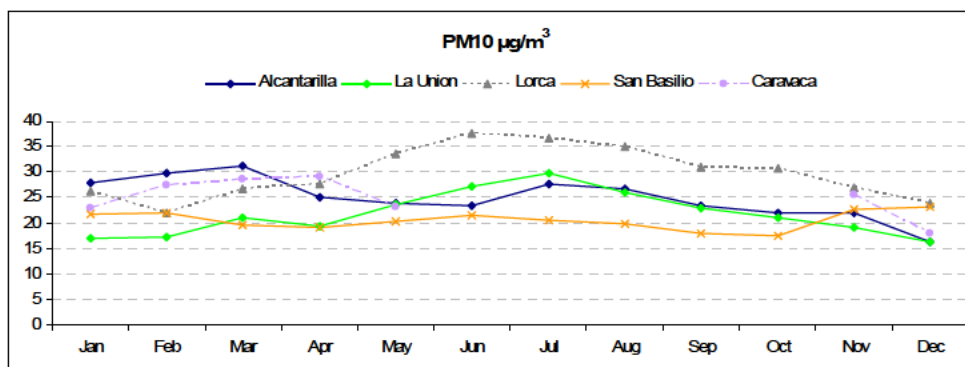
Marzo 2002 – Mayo 2008; PM _{2.5} (µgPM _{2.5} /m ³)															
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarache	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Torrecliega	Caravaca
Enero	20												19		
Febrero	21												20		
Marzo	19												16		
Abril	18												14		
Mayo	14												15		
Junio	15												16		
Julio	17												15		
Agosto	16												15		
Septiembre	17												15		
Octubre	15												15		
Noviembre	17												19		
Diciembre	13												20		
Anual	17												17		

5. Resultados

Tabla 5.15. Media mensual y anual de niveles de PM_{10} medidos en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

Mayo 2002 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)													
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarreche	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio
Enero	18	8											16
Febrero	18	7											16
Marzo	15	12											13
Abril	15	7											11
Mayo	12	6											11
Junio	12	10											12
Julio	14	7											11
Agosto	11												12
Septiembre	13	10											12
Octubre	11	11											12
Noviembre	16	13											15
Diciembre	9	12											17
Anual	14	9											13

Figura 5.16. Evolución mensual de niveles de PM_{10} medidos en tiempo real en estaciones de muestreo rurales y suburbanas de la Región de Murcia.



5. Resultados

Figura 5.17. Evolución mensual de niveles de PM_{10} medidos en tiempo real en estaciones de muestreo urbanas y suburbanas con gran influencia industrial de la Región de Murcia.

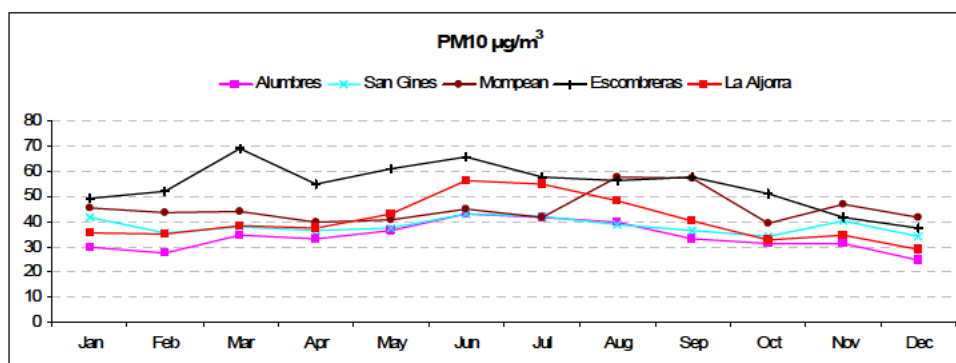


Figura 5.18. Registros medios mensuales de TSP medido en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia y lluvia mensual acumulada en Cartagena.

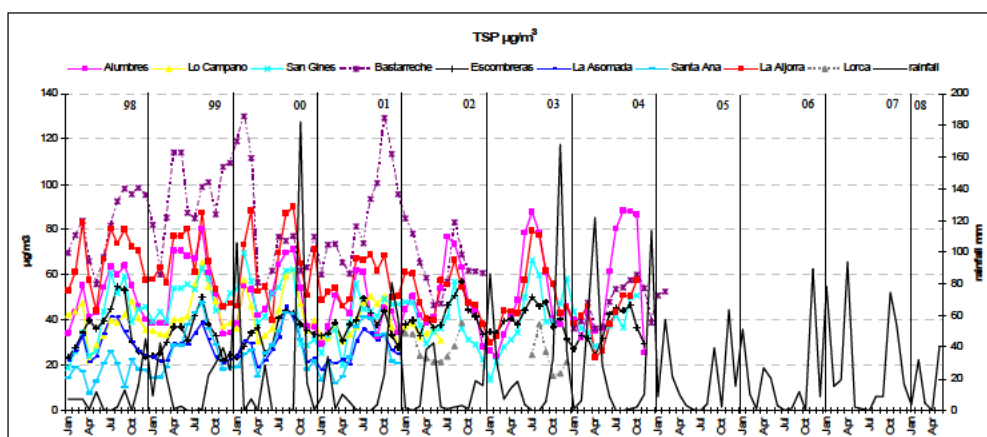
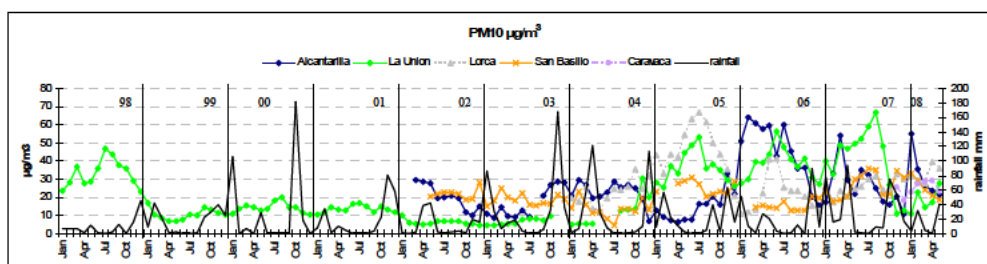


Figura 5.19. Registros medios mensuales de PM_{10} medido en tiempo real en estaciones de muestreo rurales y suburbanas de la Región de Murcia y lluvia mensual acumulada en Cartagena.



5. Resultados

Figura 5.20. Registros medios mensuales de PM_{10} medido en tiempo real en estaciones de muestreo urbanas y suburbanas con gran influencia industrial de la Región de Murcia y lluvia mensual acumulada en Cartagena.

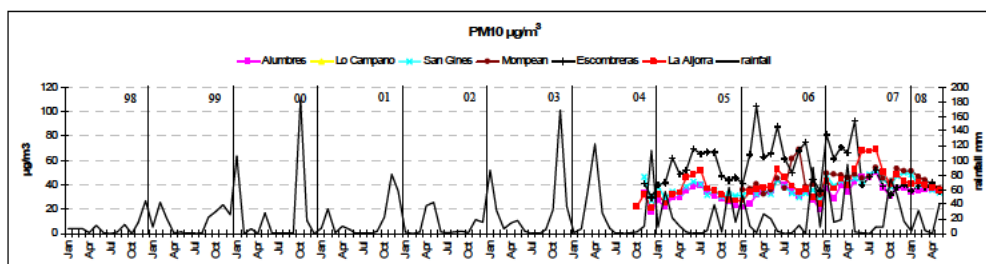


Tabla 5.16. Media mensual y anual de las concentraciones de SO_2 medido en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

Enero 1998 – Mayo 2008; SO_2 ($\mu gSO_2/m^3$)														
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarache	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Torreiega
Enero	10	23	26	16	32	15	8	13	7	14	10	11	7	16
Febrero	9	23	26	15	25	12	8	15	8	14	10	12	6	9
Marzo	8	23	24	15	29	12	9	15	7	16	10	8	5	11
Abril	7	20	20	13	21	13	8	9	8	13	10	7	5	10
Mayo	8	23	19	13	23	13	8	10	7	14	10	11	6	9
Junio	9	22	23	14	27	9	8	10	8	14	9	10	5	9
Julio	10	18	24	15	27	9	7	10	7	13	9	9	5	8
Agosto	13	18	29	12	23	9	6	8	7	11	10	8	5	8
Septiembre	11	18	31	12	28	10	7	7	8	11	9	7	5	6
Octubre	12	19	35	13	28	13	7	8	8	10	10	6	5	7
Noviembre	11	19	25	13	30	19	7	9	8	12	11	10	6	8
Diciembre	9	22	26	14	33	18	7	12	8	13	10	13	6	9
Anual	10	21	26	14	27	13	7	10	7	13	10	9	5	9

5. Resultados

Figura 5.21. Evolución mensual de SO_2 medido en tiempo real en estaciones de muestreo rurales y suburbanas de la Región de Murcia.

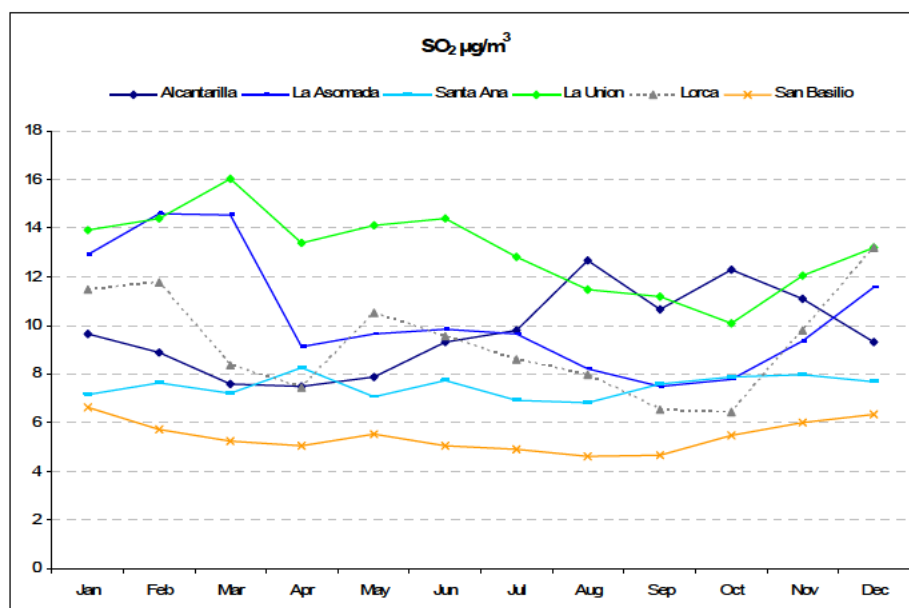
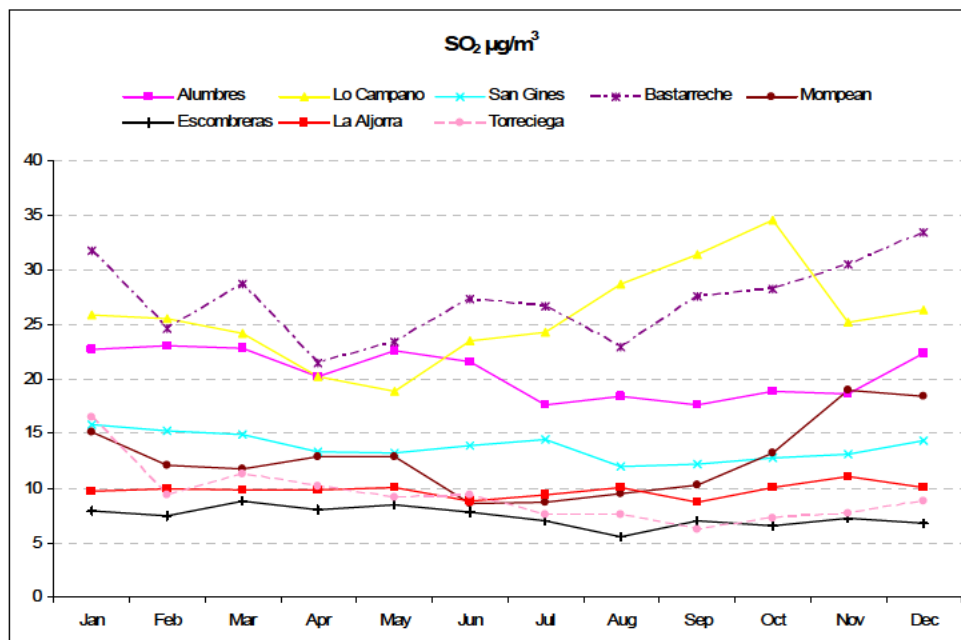


Figura 5.22. Evolución mensual de SO_2 medido en tiempo real en estaciones de muestreo de la Región de Murcia urbanas y suburbanas con gran influencia industrial.

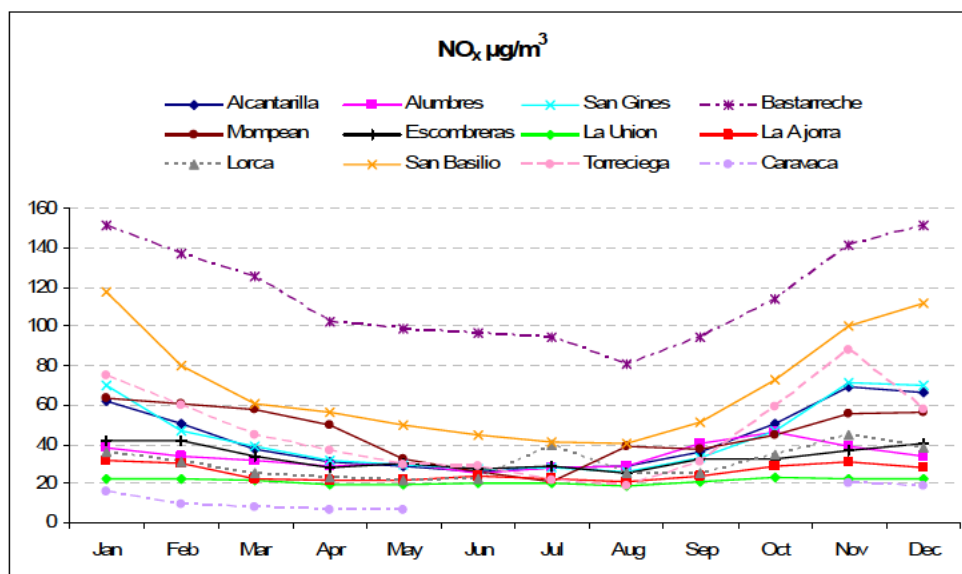


5. Resultados

Tabla 5.17. Media mensual y anual de las concentraciones de NO_x medido en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

Enero 1998 – Mayo 2008; NO _x (µgNO _x /m ³)															
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarache	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Torrecliega	Caravaca
Enero	62	38		70	151	63	42			22	32	36	117	75	16
Febrero	50	34		47	137	61	42			23	30	31	80	60	9
Marzo	37	32		39	125	57	34			21	22	25	60	45	8
Abril	31	29		31	102	49	28			20	22	23	56	37	7
Mayo	29	30		29	99	32	30			20	21	22	49	30	7
Junio	26	25		27	96	26	28			20	24	22	45	29	
Julio	28	28		28	94	21	29			20	23	40	41	22	
Agosto	29	29		26	80	39	25			19	21	25	40	19	
Septiembre	36	40		33	95	37	32			21	24	25	51	31	
Octubre	50	46		47	114	45	32			23	29	34	73	59	
Noviembre	69	39		71	141	56	37			23	31	45	100	88	20
Diciembre	66	34		70	151	56	40			22	28	38	112	58	19
Anual	43	34		43	115	45	33			21	26	31	69	46	12

Figura 5.23. Evolución mensual de NO_x medido en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.



5. Resultados

Figura 5.24. Registros medios mensuales de NO_x medido en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia urbanas y suburbanas con gran influencia industrial y lluvia mensual acumulada en Cartagena.

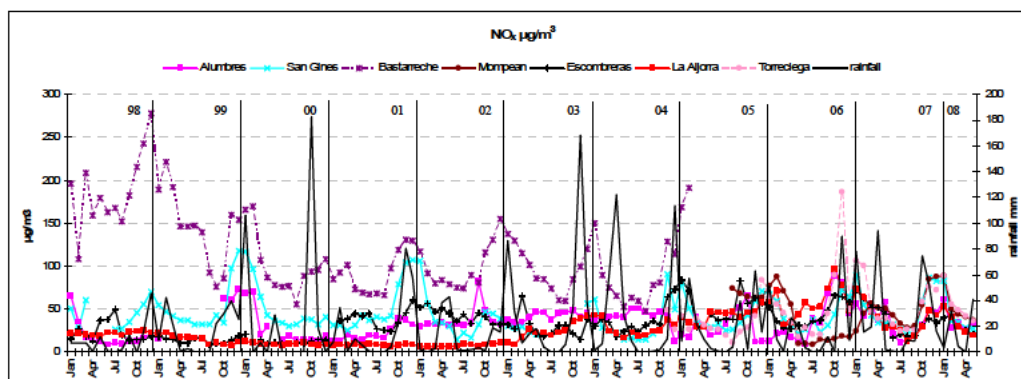
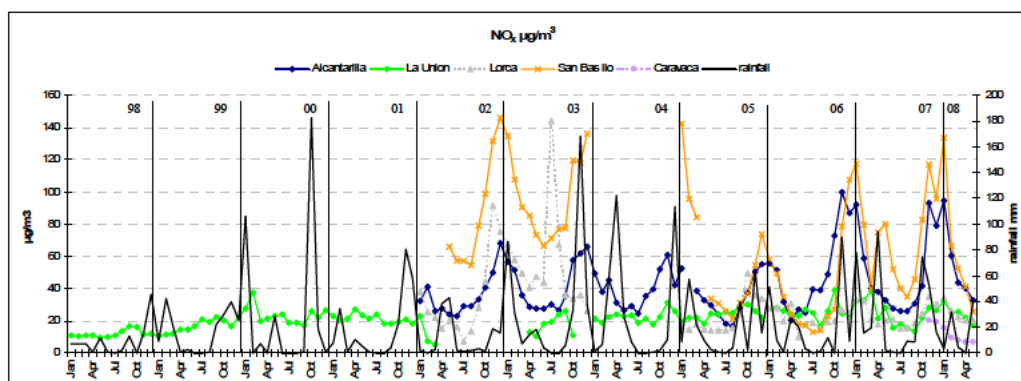


Figura 5.25. Registros medios mensuales de NO_x medido en tiempo real en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia rurales y suburbanas y lluvia mensual acumulada en Cartagena.



5.2.3. Cumplimiento con los valores límite normativos de PM_{10}

La Tabla 5.18 presenta la concentración anual promedio de PM_{10} y los días de superación del valor límite diario (que es $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ a partir de 2005) en aquellas estaciones con datos de PM_{10} en el periodo disponible de la década. Los huecos en la tabla indican que el dato no está disponible. Las concentraciones de PM_{10} están redondeadas a la unidad. Los detalles de las variables se encuentran en la Tabla 4.2.

5. Resultados

La Tabla 5.19 muestra para cada estación de la red, el número de días que se excede el valor límite diario para cada uno de los meses del año. Como hay una gran dispersión en la disponibilidad de datos en las estaciones y en algunos casos no se puede monitorizar un año completo, véase la Tabla 4.2, se han calculado los datos de la Tabla 5.20 que representa para cada mes el número de días que se superarían los valores límite de PM₁₀. El valor anual en esta tabla se ha calculado como la suma de los doce valores mensuales promediados.

Tabla 5.18. Concentración media anual de PM₁₀ en µgPM₁₀/m³ medido en tiempo real: “A” y número de días que se excede el valor límite diario: “D”. Los valores en negrita indican superación del valor límite legal fijado a partir de 2005.

Año	Límite	Alcantarilla	Alumbres	San Ginés	Mompeán	Escombreras	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Caravaca
1998	A						33				
	D						35				
1999	A						11				
	D						1				
2000	A						14				
	D						0				
2001	A						14				
	D						0				
2002	A	20					6			22	
	D	3					0			2	
2003	A	16					7			19	
	D	4					0			1	
2004	A	23	25	37		35	12	25	23	13	
	D	10	0	3		5	1	1	9	4	
2005	A	15	30	35		54	36	36	47	25	
	D	12	20	31		169	60	50	135	0	
2006	A	46	32	34	42	63	38	36	22	15	
	D	116	25	30	77	174	63	47	7	0	
2007	A	26	39	45	48	55	41	50	26	27	22
	D	22	63	112	136	113	119	137	13	8	0
2008	A	32	35	40	44	38	19	39	33	25	26
	D	7	17	28	41	28	2	25	14	3	10

5. Resultados

Tabla 5.19. Suma del número de días de superación del valor límite diario de PM₁₀ (50 µgPM₁₀/m³ a partir de 2005) medido en tiempo real: distribución por meses en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

Número de días de superación del valor límite diario (50 µgPM ₁₀ /m ³) distribuidos por meses															
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarreche	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Torreiega	Caravaca
Enero	18	7		33		31	38			6	15	11	2		1
Febrero	24	3		17		26	47			5	15	8	1		2
Marzo	27	18		18		24	65			26	16	14	0		2
Abril	3	8		9		14	52			19	15	13	0		3
Mayo	19	17		19		15	46			32	32	19	0		2
Junio	16	21		25		20	44			45	39	27	1		
Julio	31	16		14		10	41			66	53	25	1		
Agosto	8	19		18		25	43			36	29	28	3		
Septiembre	5	6		8		37	36			20	14	12	0		
Octubre	5	4		8		13	32			18	11	12	0		
Noviembre	10	5		24		25	23			7	19	6	4		0
Diciembre	8	1		11		14	22			2	2	3	6		0
Total	174	125		204		254	489			282	260	178	18		10

Tabla 5.20. Promedio del número de días de superación del valor límite diario de PM₁₀ (50 µgPM₁₀/m³ a partir de 2005) medido en tiempo real: distribución por meses en las estaciones de muestreo de la Región de Murcia.

Número promedio de días de superación del valor límite diario (50 µgPM ₁₀ /m ³) por meses															
	Alcantarilla	Alumbres	Lo Campano	San Ginés	Bastarreche	Mompeán	Escombreras	La Asomada	Santa Ana	La Unión	La Aljorra	Lorca	San Basilio	Torreiega	Caravaca
Enero	3	2		8		10	10			1	4	2	0		1
Febrero	4	1		4		9	12			0	4	2	0		2
Marzo	4	5		5		8	16			2	4	3	0		2
Abril	0	2		2		5	13			2	4	3	0		3
Mayo	3	4		5		5	12			3	8	4	0		2
Junio	3	7		8		10	15			5	13	7	0		
Julio	5	5		5		5	14			7	18	6	0		
Agosto	2	6		6		13	14			4	10	7	1		
Septiembre	1	2		3		19	12			2	5	3	0		
Octubre	1	1		3		7	11			2	3	3	0		
Noviembre	2	1		6		13	6			1	5	2	1		0
Diciembre	1	0		3		7	6			0	1	1	0		0
Anual	28	37		57		109	139			29	76	41	2		10

5.3. Comparación de medidas de PM_{10} por método gravimétrico y en tiempo real

La Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Región de Murcia se compone de las estaciones descritas en la Tabla 4.2. Ya que se requiere que las administraciones informen a la población cuando la concentración de los contaminantes alcance un umbral dado, este cumplimiento se logra con la implantación de dispositivos que ofrecen las concentraciones en tiempo real. Esta estrategia permite a las autoridades ganar tiempo cuando se deben tomar decisiones trascendentales. Puesto que los equipos de medida en tiempo real deben ser equivalentes a los métodos de referencia, se explora en este capítulo la intercomparación de los valores de PM_{10} en Mompeán, lugar donde se dispone simultáneamente de equipos de medida en tiempo real y para el método gravimétrico. La tarea de intercomparación de equipos en las estaciones de Santa Ana y Bastarache fue llevada a cabo en su momento por Querol et al. (2005b).

Evidentemente, la comparación se puede hacer en aquellos días en que los dos dispositivos, en continuo y discontinuo, registran datos válidos: en discontinuo con el equipo gravimétrico DIGITEL DHA-80 y en continuo con el equipo de microbalanza oscilante TEOM. Con estas condiciones, el primer día que se considera es el 16 de enero de 2006 y el último el 31 de mayo de 2008. Las fechas sin valores de consistencia en uno o ambos equipos se descartan, por lo que el número total de días estudiados es 807. Las series diarias en cada año se ilustran en la Figura 5.26.

En la Figura 5.26a, se presentan los valores de la fracción PM_{10} seleccionados para la comparación, según se ha indicado en el párrafo anterior, para el año 2006 en el punto de muestreo de Mompeán en Cartagena; como puede observarse entre el 22 de agosto y el 3 de octubre los datos divergen. Para el año 2007 los valores de la concentración de

5. Resultados

PM₁₀ se recogen como gráfico de líneas en la Figura 5.26b y los de los cinco primeros meses de 2008 en la Figura 5.26c, en este último periodo desde enero de 2007 a mayo de 2008 el equipo TEOM ofrece para prácticamente todos los días estudiados valores superiores al gravimétrico, pero las fluctuaciones de los valores de ambos equipos son similares. La Figura 5.27 presenta los resultados de la correlación entre el equipo TEOM y el gravimétrico; para 2006 se han separado los días de los dos periodos observados en la Figura 5.26a.

El primero de estos periodos dura del 16 de enero al 2 de agosto y del 4 de octubre al 31 de diciembre de 2006; el número de días considerado es 238 de 261 tras descartar valores anómalos; tiene una ecuación de TEOM = $1.11 * DIGITEL$, con $R^2 = 0.64$.

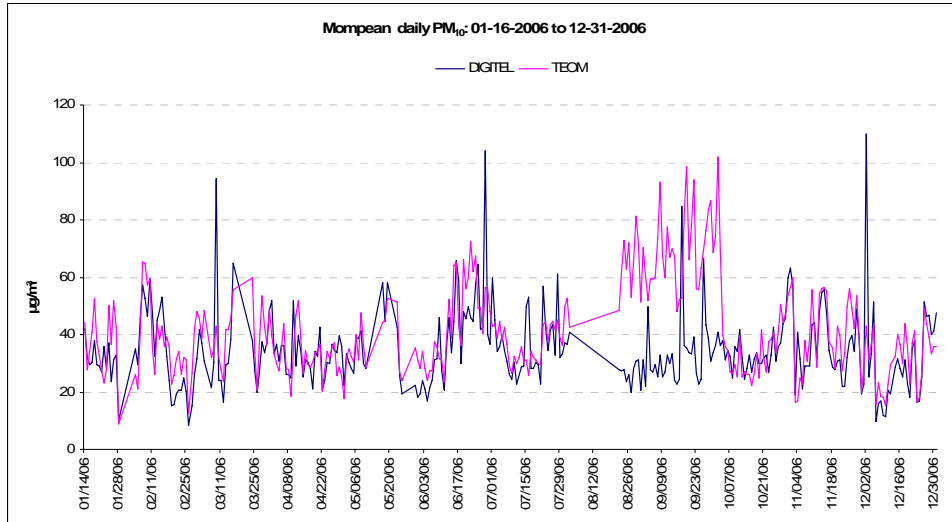
El segundo de los periodos comprende del 22 de agosto al 3 de octubre de 2006; se consideran 40 de 43 días tras rechazar días anómalos y tiene una ecuación de TEOM = $2.31 * DIGITEL$, con $R^2 = 0.48$. Este último periodo tiene una pendiente por encima de dos veces mayor que la del otro periodo en 2006, con un peor coeficiente de determinación.

La Figura 5.27c presenta los resultados de correlación del PM₁₀ del 1 de enero de 2007 al 31 de mayo de 2008. El número de días considerado durante estos 17 meses es 493 de los 503 totales. El comportamiento en 2007-2008 es más homogéneo que en 2006. Una prueba de ello se obtiene con el mejor coeficiente de determinación $R^2 = 0.76$. La ecuación que se obtiene es TEOM = $1.41 * DIGITEL$.

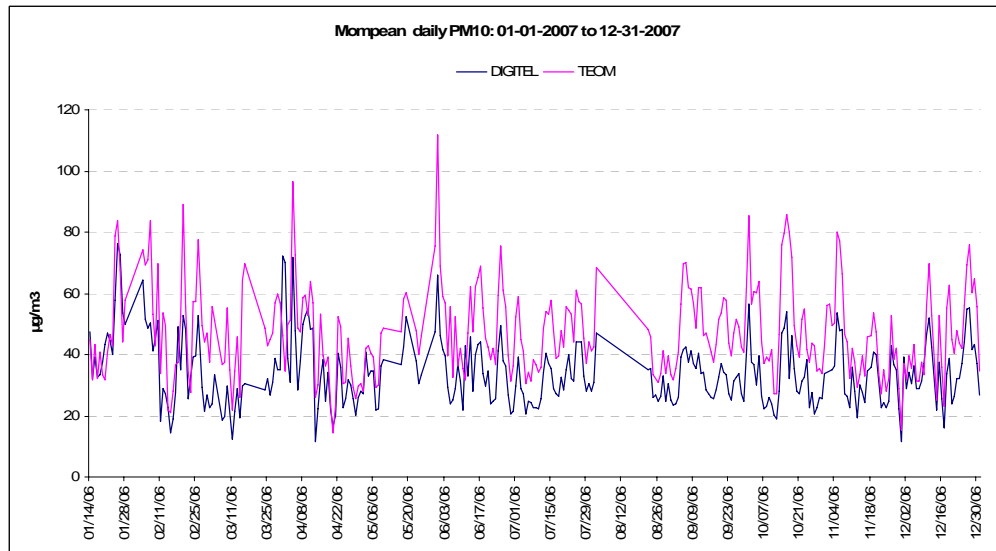
5. Resultados

Figura 5.26. Concentración diaria de PM_{10} medida en tiempo real (TEOM) y con el equipo gravimétrico (DIGTEL) en Mompeán:

a) 2006.



b) 2007.



5. Resultados

c) Primeros cinco meses de 2008.

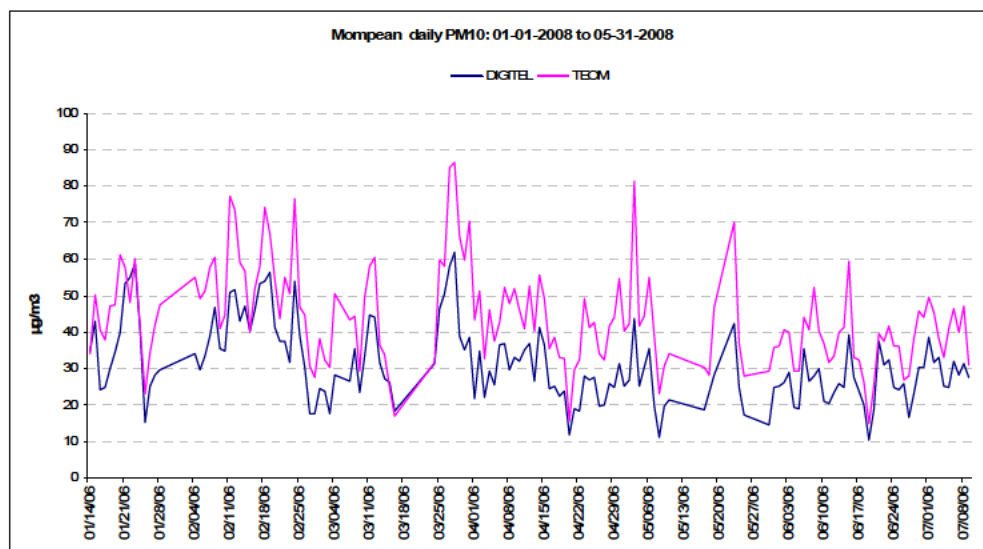
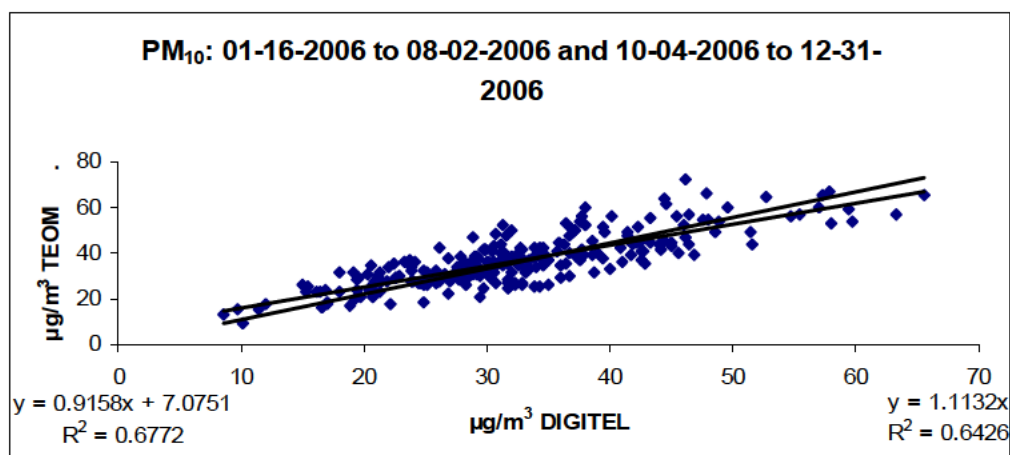


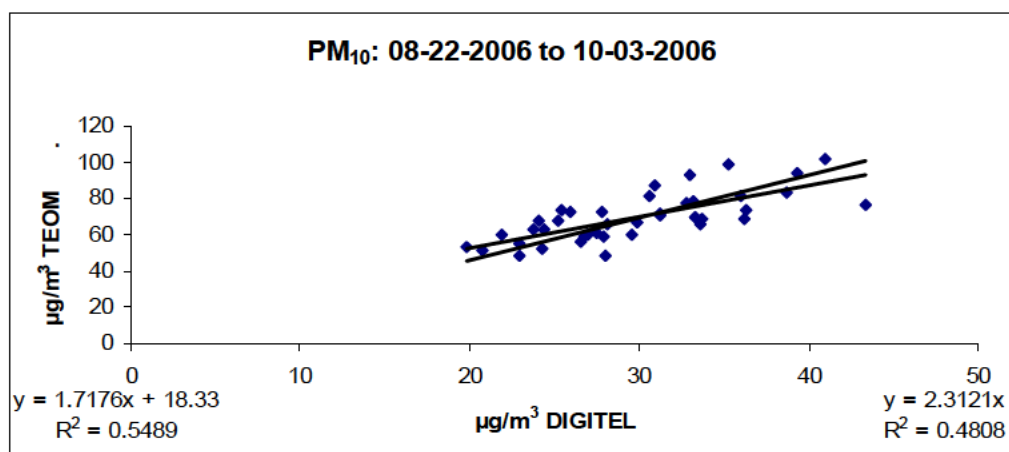
Figura 5.27. Correlación de los niveles diarios de PM_{10} medidos en tiempo real (TEOM) y con el equipo gravimétrico (DIGTEL) en Mompeán. Se aportan las ecuaciones de las líneas de tendencia en las esquinas inferiores:

a) Del 16 de enero de 2006 al 8 de febrero de 2006 y del 4 de octubre de 2006 al 31 de diciembre de 2006.

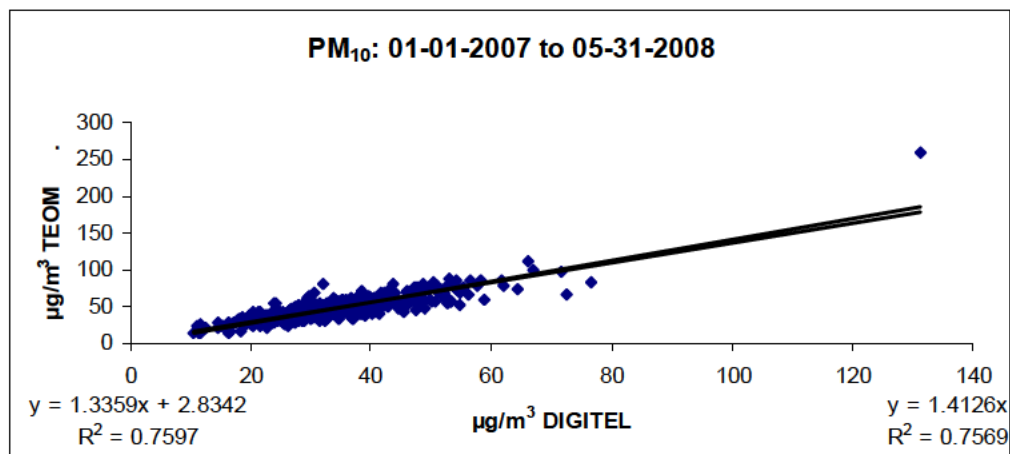


5. Resultados

b) Del 22 de agosto de 2006 al 3 de octubre de 2006.



c) Del 1 de enero de 2007 al 31 de mayo de 2008.



5.4. Escenarios atmosféricos con incidencia en los niveles de materia particulada

La tipificación de las condiciones sinópticas que desencadenan episodios de elevación de los niveles de partículas cobra especial importancia para hacer predicciones. Y a la inversa, un buen conocimiento del panorama de los sistemas de presiones permite sustentar de manera retrospectiva unos escenarios dados con altas concentraciones de partículas registradas.

5. Resultados

En este apartado se estudia detenidamente la fenomenología de las condiciones sinópticas que propician los episodios de polvo africano sobre Cartagena desde el 1 de enero de 2004 al 31 de mayo de 2008. Este análisis también se hace extensible a la Región de Murcia.

5.4.1. Origen de las masas de aire

Desde enero de 1998 a mayo de 2008 la distribución del número de días con los ochos posibles orígenes de las masas de aire descritos en el apartado “4.3.1. Meteorología” se presenta en la Tabla 5.21. Como el periodo estudiado no incluye todos los meses de 2008, la Tabla 5.22 recoge el número medio de días de cada origen en cada mes. El valor total está calculado sumando los valores medios mensuales. Los valores están redondeados a la unidad. La nomenclatura utilizada para los orígenes de las masas de aire es: “AN” Atlántico Norte, “ANW” Atlántico Noroeste, “AW” Atlántico Oeste, “ASW” Atlántico Suroeste, “NAF” Norteafricano, “ME” Mediterráneo, “EU” Europeo y “RE” Regional.

En la Tabla 5.23 se recogen los días con precipitación según el origen de las masas de aire, en el periodo de tiempo estudiado. En la Tabla 5.24 se recoge el número de días lluviosos promedio para cada mes y origen de las masas de aire, el valor del mes está promediado a partir de los valores de ese mes en todos los años desde enero de 1998 a mayo de 2008 y el valor total está calculado sumando los valores medios mensuales. Los valores están promediados a la unidad. En la Tabla 5.25 se presenta la cantidad de precipitación recogida para cada mes por origen de la masa de aire y los totales por meses y por sectores, expresada en décimas de mm. En la Tabla 5.26 se presenta el promedio por mes y sector de origen de las masas de aire, el total tanto por meses, como

5. Resultados

por sectores y el valor total correspondiente a un año, que es de 254.3 mm anuales.

También se recogen los porcentajes que las precipitaciones suponen por meses o sectores frente al total.

Tabla 5.21. Número de días según el origen de las masas de aire en la Región de Murcia, distribuidos por meses y suma total en el periodo estudiado desde enero de 1998 a mayo de 2008.

	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	29	71	69	27	32	56	40	17
Febrero	42	66	50	42	24	23	51	13
Marzo	32	55	74	57	12	26	55	30
Abril	30	61	64	31	20	53	29	42
Mayo	17	46	32	88	21	60	29	48
Junio	14	33	33	93	18	63	19	27
Julio	4	44	45	72	8	105	8	24
Agosto	22	24	42	89	10	70	18	35
Septiembre	17	59	31	54	7	69	30	33
Octubre	12	72	51	54	17	42	22	40
Noviembre	40	60	52	37	13	29	52	17
Diciembre	42	64	47	38	30	24	44	21
Total	301	655	590	682	212	620	397	347

Tabla 5.22. Número promedio de días según el origen de las masas de aire en la Región de Murcia por meses, suma total y porcentaje (%) entre enero de 1998 y mayo de 2008. El valor del mes está promediado a partir de los valores de ese mes en todos los años desde enero de 1998 a mayo de 2008.

	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	3	6	6	2	3	5	4	2
Febrero	4	6	5	4	2	2	5	1
Marzo	3	5	7	5	1	2	5	3
Abril	3	6	6	3	2	5	3	4
Mayo	2	4	3	8	2	5	3	4
Junio	1	3	3	9	2	6	2	3
Julio	0	4	5	7	1	11	1	2
Agosto	2	2	4	9	1	7	2	4
Septiembre	2	6	3	5	1	7	3	3
Octubre	1	7	5	5	2	4	2	4
Noviembre	4	6	5	4	1	3	5	2
Diciembre	4	6	5	4	3	2	4	2
Total	29	63	56	66	20	60	38	33
%	8	17	15	18	6	16	10	9

5. Resultados

Tabla 5.23. Suma del número de días con precipitación según el origen de las masas de aire en Cartagena por meses y total y distribuidos durante el periodo estudiado desde enero de 1998 a mayo de 2008.

	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW	Total
Enero	4	9	3	10	7	13	18	3	67
Febrero	10	6	6	16	9	6	12	5	70
Marzo	5	4	5	15	3	6	11	1	50
Abril	4	2	3	5	7	14	10	10	55
Mayo	1	6	3	26	5	7	4	9	61
Junio	0	1	0	5	2	4	1	1	14
Julio	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Agosto	2	1	0	5	4	1	0	2	15
Septiembre	1	5	3	7	2	5	4	6	33
Octubre	2	7	6	19	6	7	5	4	56
Noviembre	10	8	11	14	9	4	16	5	77
Diciembre	7	4	3	11	16	4	18	6	69
Total	47	54	43	133	70	71	99	52	569

Tabla 5.24. Número medio de días con precipitación según el origen de las masas de aire en Cartagena por meses, suma total y porcentaje (%) durante el periodo estudiado desde enero de 1998 a mayo de 2008.

	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW	Total	%
Enero	0	1	0	1	1	1	2	0	6	11
Febrero	1	1	1	1	1	1	1	0	6	12
Marzo	0	0	0	1	0	1	1	0	5	8
Abril	0	0	0	0	1	1	1	1	5	9
Mayo	0	1	0	2	0	1	0	1	6	10
Junio	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	1	0	0	0	0	2	3
Septiembre	0	1	0	1	0	1	0	1	3	6
Octubre	0	1	1	2	1	1	1	0	6	10
Noviembre	1	1	1	1	1	0	2	1	8	14
Diciembre	1	0	0	1	2	0	2	1	7	13
Total	4	5	4	13	7	7	9	5	54	100
%	8	10	8	23	12	12	17	9	100	

5. Resultados

Tabla 5.25. Suma de la cantidad de precipitación (10 x mm) según el origen de las masas de aire en Cartagena por meses y total durante el periodo estudiado desde enero de 1998 a mayo de 2008.

	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW	Total
Enero	144	80	47	158	845	1078	1194	60	144
Febrero	238	404	121	476	309	223	523	62	238
Marzo	171	109	90	239	28	269	582	19	171
Abril	221	15	19	717	716	530	753	205	221
Mayo	7	693	41	704	185	51	37	306	7
Junio	0	19	0	69	82	18	5	1	0
Julio	3	9	0	0	0	0	0	0	3
Agosto	59	3	0	43	73	2	0	17	59
Septiembre	71	132	104	225	102	255	123	77	71
Octubre	186	214	189	1938	648	116	146	45	186
Noviembre	474	448	261	2648	649	298	591	205	474
Diciembre	187	105	150	795	408	262	1275	180	187
Total	1761	2231	1022	8012	4045	3102	5229	1177	1761

Tabla 5.26. Promedio de precipitación (10 x mm) en Cartagena según el origen de las masas de aire en Cartagena por meses, suma total y porcentaje (%) durante el periodo estudiado desde enero de 1998 a mayo de 2008. Los valores están redondeados a la unidad.

	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW	Total	%
Enero	13	7	4	14	77	98	109	5	328	13
Febrero	22	37	11	43	28	20	48	6	214	8
Marzo	16	10	8	22	3	24	53	2	137	5
Abril	20	1	2	65	65	48	68	19	289	11
Mayo	1	63	4	64	17	5	3	28	184	7
Junio	0	2	0	7	8	2	1	0	19	1
Julio	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Agosto	6	0	0	4	7	0	0	2	20	1
Septiembre	7	13	10	23	10	26	12	8	109	4
Octubre	19	21	19	194	65	12	15	5	348	14
Noviembre	47	45	26	265	65	30	59	21	557	22
Diciembre	19	11	15	80	41	26	128	18	336	13
Total	169	211	99	780	386	291	495	112	2543	100
%	7	8	4	31	15	11	19	4	100	

5. Resultados

Tabla 5.27. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en Alcantarilla según el origen de las masas de aire. Marzo de 2002 a mayo de 2008.

Alcantarilla; Marzo 2002 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	22	13	17	40	32	30	21	16
Febrero	23	20	31	38	29	42	29	13
Marzo	24	29	26	30	42	45	30	24
Abril	14	10	12	20	22	24	19	17
Mayo	19	18	27	25	12	22	23	31
Junio	16	17	20	25	26	26	17	22
Julio	18	19	24	32	40	30	15	29
Agosto	23	28	29	27	20	26		29
Septiembre	16	19	18	29	27	25	20	27
Octubre	17	16	19	26	28	23	15	22
Noviembre	17	20	22	24	21	25	16	30
Diciembre	14	12	16	31	12	13	15	22
Anual	19	19	22	29	26	28	20	24
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	56	72	63	65	68	67	74	68
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	2	1	3	8	3	8	1	2

Una vez determinada la frecuencia de estos orígenes o episodios, es interesante compararlos con los niveles de PM_{10} en cada estación, con la concentración de aquellos días que exceden el valor límite y el número medio anual de días que exceden el umbral normativo. La Tabla 5.27 muestra los resultados obtenidos para la estación de Alcantarilla, en la Tabla 5.28 para Alumbres, en la Tabla 5.29 San Ginés, en la Tabla 5.30 Mompeán, en la Tabla 5.31 Escombreras, en la Tabla 5.32 La Unión, en la Tabla 5.33 La Aljorra, en la Tabla 5.34 Lorca, en la Tabla 5.35 San Basilio y en la Tabla 5.36 Caravaca. Los detalles de los puntos de medida se recogen en la Tabla 4.2.

5. Resultados

Tabla 5.28. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en Alumbres según el origen de las masas de aire. Noviembre de 2004 a mayo de 2008.

Alumbres; Noviembre 2004 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	25	24	33	41	28	33	20	37
Febrero	18	28	30	31	23	31	26	34
Marzo	30	34	36	44	37	33	28	46
Abril	27	27	36	28	38	29		38
Mayo	37	39	35	40	19	34	31	42
Junio	25		48	51	34	40	26	53
Julio		32	52	40	36	41		45
Agosto	29	24	49	44	28	38		48
Septiembre	25	31	31	34	33	30	32	44
Octubre	29	27	27	38	29	30	30	34
Noviembre	31	29	27	34	20	29	30	32
Diciembre	22	23	23	32	23	24	26	23
Anual	27	29	36	38	29	33	28	40
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	64	62	56	86	63	60	53	61
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	1	1	5	11	1	9	0	9

5. Resultados

Tabla 5.29. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en San Ginés según el origen de las masas de aire. Noviembre de 2004 a mayo de 2008.

San Ginés; Noviembre 2004 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	31	33	54	49	40	44	32	52
Febrero	24	35	43	39	30	43	38	27
Marzo	36	34	39	47	40	41	29	43
Abril	30	31	37	32	49	34		38
Mayo	41	40	36	40	18	37	36	43
Junio	29		46	51	31	41	31	46
Julio		39	51	42	39	42		43
Agosto	30	29	54	41	33	38		45
Septiembre	37	36	35	36	29	36	45	43
Octubre	37	29	27	44	32	33	39	31
Noviembre	34	40	33	42	27	44	49	37
Diciembre	34	32	34	41	30	30	35	33
Anual	33	34	41	42	33	38	37	40
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	56	62	57	68	59	58	58	63
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	3	3	6	15	3	16	3	9

5. Resultados

Tabla 5.30. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en Mompeán según el origen de las masas de aire. Enero de 2006 a mayo de 2008.

Mompeán; Enero 2006 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	42	42	45	51	35	49	35	56
Febrero	27	39	48	46	29	48	57	37
Marzo	38	37	47	59	43	50	40	50
Abril	40	23	39	32	57	35		41
Mayo	44	43	45	43	24	38	41	46
Junio	32		48	52	30	42	34	48
Julio		36	54	37	33	44		43
Agosto	32	65	58	62	44	55		56
Septiembre	40	50	80	58	68	54	44	62
Octubre	54	34	31	52	27	36	48	43
Noviembre	38	32	45	52	32	55	54	56
Diciembre	48	33	35	52	37	43	39	39
Anual	40	39	48	50	38	46	44	48
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	58	65	60	68	61	61	59	64
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	5	9	14	28	5	28	7	14

5. Resultados

Tabla 5.31. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en Escombreras según el origen de las masas de aire. Noviembre de 2004 a mayo de 2008.

Escombreras; Noviembre 2004 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	58	51	57	55	32	54	31	57
Febrero	41	67	62	41	37	53	71	81
Marzo	70	68	78	46	41	59	53	91
Abril	68	29	68	49	84	41		58
Mayo	99	56	51	61	16	58	96	67
Junio	30		28	71	36	57	0	70
Julio		39	66	54	55	55		60
Agosto	54	44	82	58	40	54		61
Septiembre	57	77	66	48	58	43		82
Octubre	45	84	45	54	39	48	43	50
Noviembre	43	42	42	42	26	40	57	35
Diciembre	36	33	43	40	39	39	34	39
Anual	54	54	57	52	42	50	48	62
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	89	89	82	85	70	72	86	86
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	16	11	18	28	9	37	5	15

5. Resultados

Tabla 5.32. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en La Unión según el origen de las masas de aire. Enero de 1998 a mayo de 2008.

La Unión; Enero 1998 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	19	15	17	18	17	17	14	19
Febrero	12	15	15	27	20	22	15	15
Marzo	27	17	26	22	22	24	18	23
Abril	15	15	18	20	23	20	8	16
Mayo	20	15	23	28	12	24	21	32
Junio	26	13	20	33	31	27	17	31
Julio	8	20	32	32	35	28	20	31
Agosto	26	24	30	30	27	27	21	35
Septiembre	17	23	21	27	31	21	16	26
Octubre	22	22	20	24	29	26	16	24
Noviembre	13	24	20	25	16	20	20	33
Diciembre	16	14	15	19	18	24	17	18
Anual	18	18	21	25	24	23	17	25
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	67	74	61	66	56	64		67
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	1	1	4	9	2	7	0	5

5. Resultados

Tabla 5.33. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en La Aljorra según el origen de las masas de aire. Octubre de 2004 a mayo de 2008.

La Aljorra; Octubre 2004 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	24	29	40	43	33	38	25	44
Febrero	24	33	39	38	31	38	35	48
Marzo	37	37	37	49	46	39	25	47
Abril	29	32	37	33	47	33		41
Mayo	56	46	38	45	12	40	27	53
Junio	34		82	63	42	48	56	71
Julio		56	82	55	42	52		57
Agosto	36	35	58	49	38	46		58
Septiembre	35	37	38	38	31	40	66	59
Octubre	37	27	25	47	32	34	35	38
Noviembre	32	25	31	40	24	36	37	41
Diciembre	27	27	24	35	27	26	30	28
Anual	34	35	44	45	34	39	38	49
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	67	66	63	72	58	62	57	67
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	2	2	8	19	3	21	3	18

5. Resultados

Tabla 5.34. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en Lorca según el origen de las masas de aire. Enero de 2004 a mayo de 2008.

Lorca; Enero 2004 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	23	26	29	31	16	30	20	34
Febrero	17	16	21	22	22	29	22	10
Marzo	19	23	26	45	23	30	19	36
Abril	21	24	27	30	38	28	12	34
Mayo	17	18	29	41	19	29	16	35
Junio	28		25	47	29	34	21	46
Julio		20	48	47	58	34		38
Agosto	34	37	35	41	40	34		32
Septiembre	29	27	30	36	34	31	27	45
Octubre	28	22	25	43	26	28	29	32
Noviembre	32	19	27	34	19	28	24	33
Diciembre	30	25	15	23	18	20	24	19
Anual	25	23	28	37	29	30	21	33
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	59	61	59	78	57	62	66	77
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	3	2	3	15	3	10	0	5

5. Resultados

Tabla 5.35. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en San Basilio según el origen de las masas de aire. Mayo de 2002 a mayo de 2008.

San Basilio; Mayo 2002 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero	14	17	18	29	20	27	25	33
Febrero	15	16	23	26	22	31	18	15
Marzo	15	19	19	26	26	23	17	20
Abril	17	13	16	20	24	17	22	17
Mayo	18	19	21	22	17	19	19	23
Junio	17	17	16	25	20	25	17	28
Julio	22	18	31	22	20	19	17	21
Agosto	19	16	17	21	20	19	18	21
Septiembre	14	16	15	21	17	18	20	24
Octubre	18	15	16	21	21	19	17	21
Noviembre	19	18	23	24	17	25	22	28
Diciembre	21	19	22	29	25	24	27	24
Anual	17	17	20	24	21	22	20	23
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$			59	59		52		60
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	0	0	0	1	0	0	0	1

5. Resultados

Tabla 5.36. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ con equipo de medida en tiempo real en Caravaca según el origen de las masas de aire. Noviembre de 2007 a mayo de 2008.

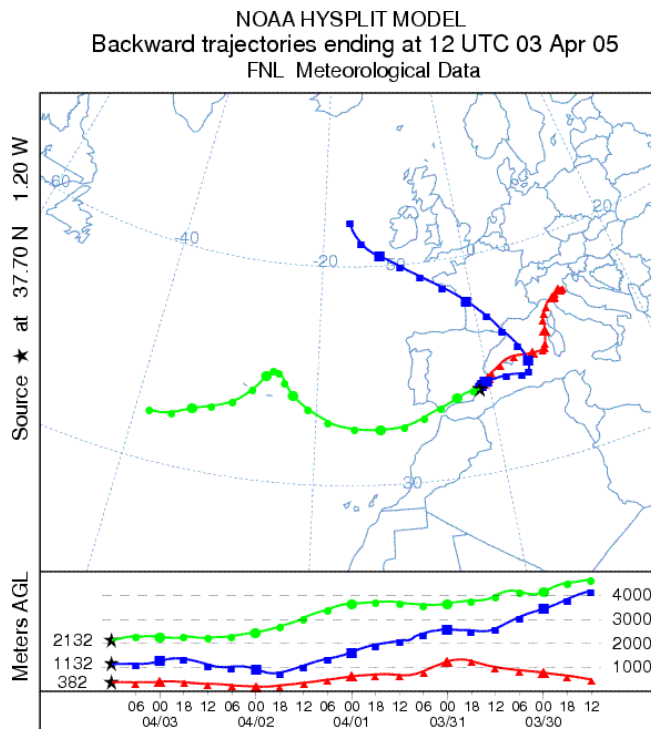
Caravaca; Noviembre 2007 – Mayo 2008; PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$)								
	AN	ANW	AW	NAF	ME	RE	EU	ASW
Enero		19	14	27	19	31	15	13
Febrero			26	29	26	27		
Marzo	21	21	31	56		32	18	45
Abril	26	16	23	33		31		30
Mayo			18	36	9	26		22
Junio								
Julio								
Agosto								
Septiembre								
Octubre								
Noviembre	26		11	21	29	25	28	25
Diciembre	18	16	19		18	19	20	
Anual	23	18	20	33	20	27	20	27
Concentración media en días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$			60	76		56		76
Número medio de días al año con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	0	0	1	4	0	4	0	1

5.4.2. Escenarios atmosféricos con intrusión de masas de aire procedentes de África en el sureste de la Península Ibérica

La denominación y carácter de las retrotrayectorias de las masas de aire definen a estas considerando su origen. La consecuencia que se aprecia debido al diferente origen de las masas de aire ya se ha descrito en el apartado anterior a través de los niveles asociados de materia particulada. Sin embargo, la clasificación del origen de una masa de aire no es siempre concluyente para determinar la presencia de aerosoles naturales que aumentan la concentración del material particulado. Además, las intrusiones de estas masas de aire pueden aparecer a diferentes altitudes y evolucionar; por ello la contribución pulverulenta puede mostrar distintos patrones temporales y espaciales en un área vasta como la Península Ibérica. Aunque este problema puede reducirse al incrementar la resolución de la malla de los mapas donde las retrotrayectorias se imprimen e incrementando la cadencia de información de la base de datos meteorológica, hay contrariedades que todavía persisten cuando se investiga la presencia de polvo. Dos ejemplos típicos de estos problemas son: primero aquellas retrotrayectorias que cruzan varios de los sectores origen descritos en la Figura 4.4 y, segundo, aquellas retrotrayectorias sin contribuciones de polvo acarreadas cuando su origen habitualmente las tiene. La Figura 5.28 ilustra el primer ejemplo a través de un día cuyas retrotrayectorias atraviesan la mayoría de los sectores. Como ejemplo del segundo caso, la Figura 5.29a muestra el evento del 24 de diciembre de 2005 cuando las retrotrayectorias tienen un origen NAF pero no se detecta polvo por otras herramientas de información geográfica como la Navy Aerosol Analysis and Prediction System (NAAPs) de la Figura 5.29b.

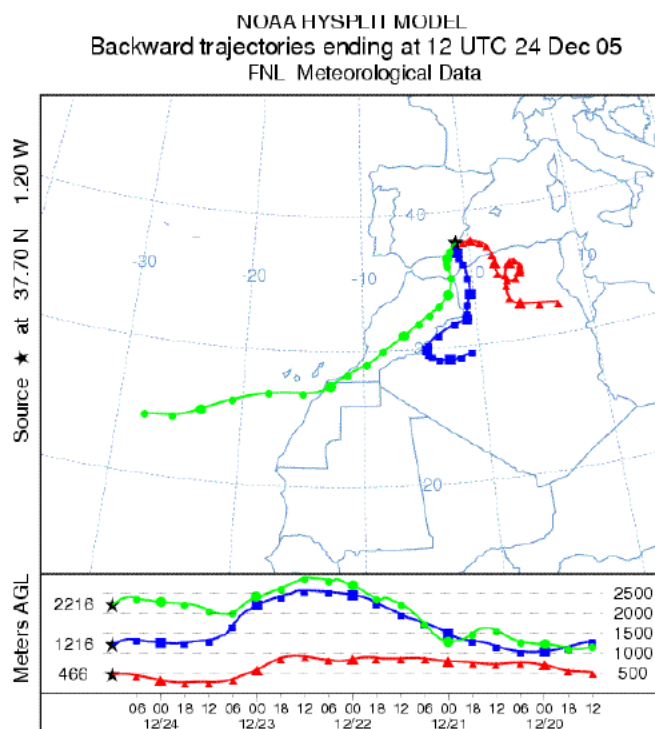
5. Resultados

Figura 5.28. Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia el 3 de abril de 2005 a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde). Se ve cómo las tres retrotrayectorias cruzan la mayoría de los sectores origen y ello constituye un ejemplo de un evento cuando la definición del origen requiere un soporte adicional (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

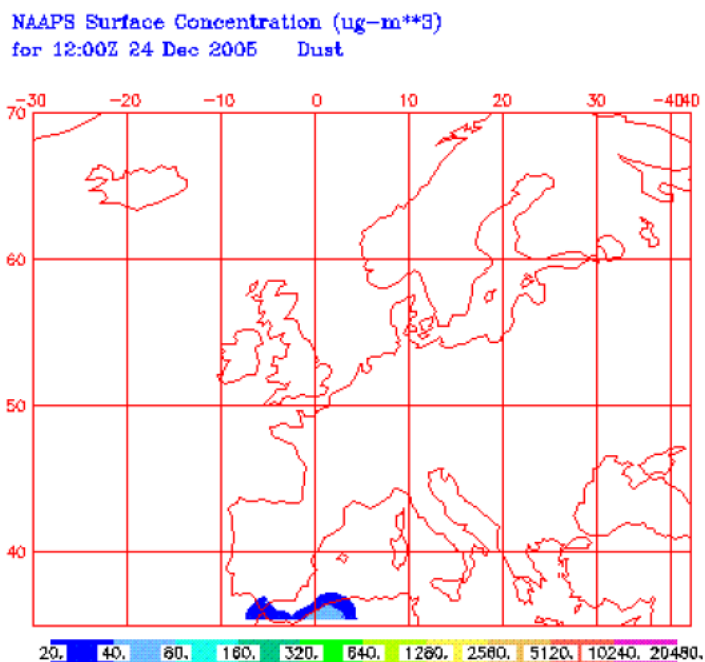


5. Resultados

Figura 5.29. a) Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia el 24 de diciembre de 2005 a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde) con un origen NAF. Ese día no se aprecia polvo sobre la Región de Murcia (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).



b) El mapa NAAPS no muestra ninguna masa de aire pulverulenta sobre el área (fuente: NRL).



5. Resultados

5.4.2.1. Situaciones sinópticas

Las condiciones sinópticas son otro complemento útil para detectar el aporte de polvo africano. La lectura conjunta de las retrotrayectorias (es decir, orígenes o episodios) con las condiciones sinópticas (es decir, escenarios) proporciona un robusto conocimiento de las relaciones causa efecto.

Esa información se ha utilizado en este trabajo, comparando las retrotrayectorias de las masas de aire y los escenarios para producir un resumen de la relación entre las condiciones sinópticas, origen de las masas de aire y presencia de polvo en la Región de Murcia. Para llevar a cabo esta tarea, los eventos pulverulentos desde enero de 2004 a mayo de 2008 se analizan, por un lado, con el cálculo de las retrotrayectorias de las masas de aire que llegan a Cartagena.

Según Escudero et al. (2005), bajo cuatro condiciones sinópticas tipo, se produce entrada de polvo africano asociado a la intrusión de masas de aire, sobre la Península Ibérica:

Tipo A: Alta norteafricana localizada a nivel de superficie. Un arco atlántico es la vía que el polvo africano sigue hasta alcanzar España (Querol et al., 2002a). La referencia de alta presión típica en esta latitud, esto es, el anticiclón de las Azores, está ausente.

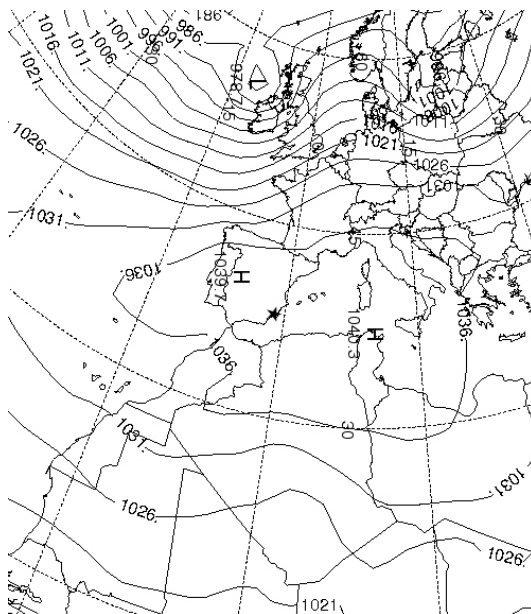
La Figura 5.30a y la Figura 5.30b ilustran el evento de intrusión del día 31 de diciembre de 2006 con su cuadro de condiciones sinópticas a nivel medio de presión del mar y a 700 hPa, respectivamente, día en el que concurren las características de este escenario. La Figura 5.30c representa las retrotrayectorias en ese día. La Figura 5.30d y Figura 5.30e muestran los mapas NAAPs. La Figura 5.30f presenta el mapa provisto por

5. Resultados

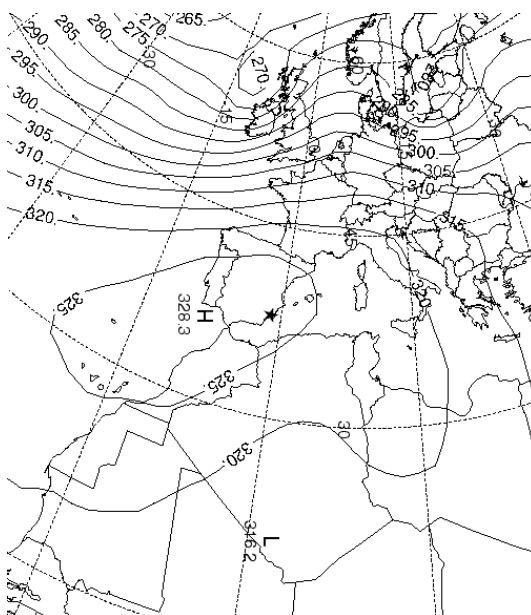
el Barcelona Supercomputer Center-Dust Regional Atmospheric Modeling (BSC-DREAM) a nivel de superficie.

Figura 5.30. Intrusión bajo escenario de Tipo A el 31 de diciembre de 2006.

a) Situación sinóptica a nivel medio de presión del mar (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

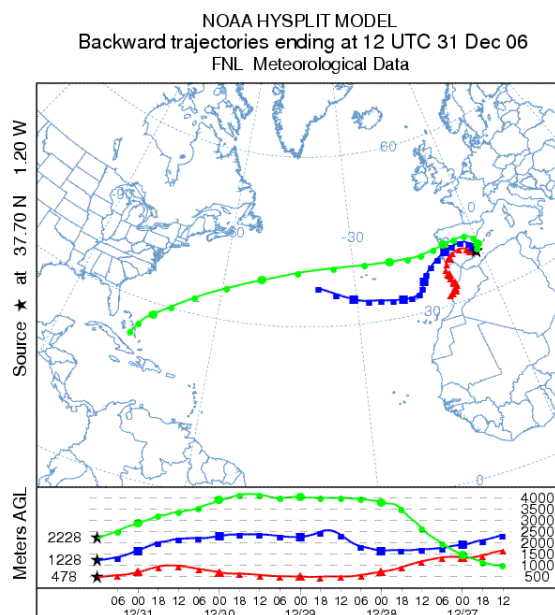


b) Situación sinóptica a 700 hPa (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

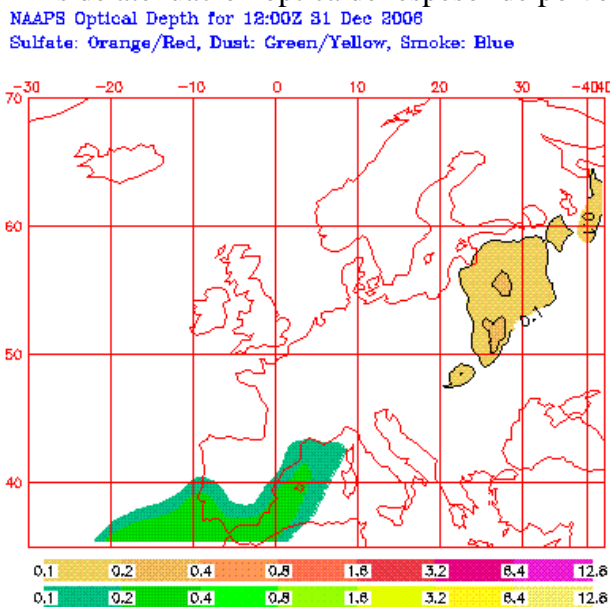


5. Resultados

c) Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde) (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

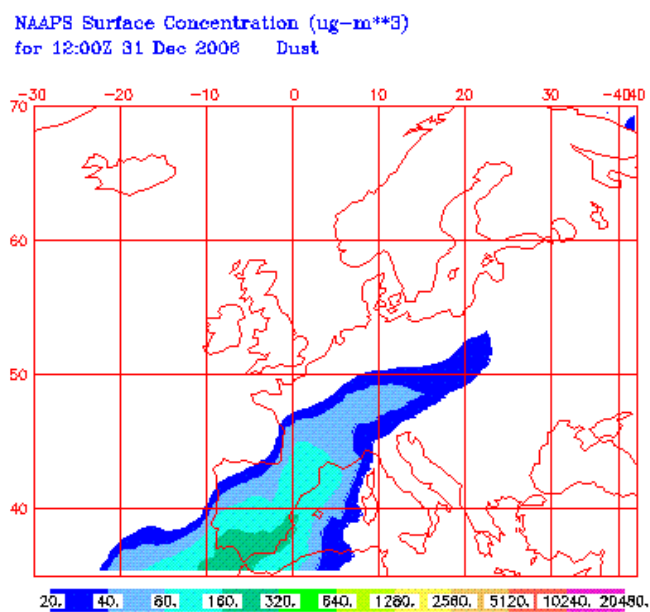


d) Mapa NAAPS de atenuación óptica del espesor de polvo (fuente: NRL).

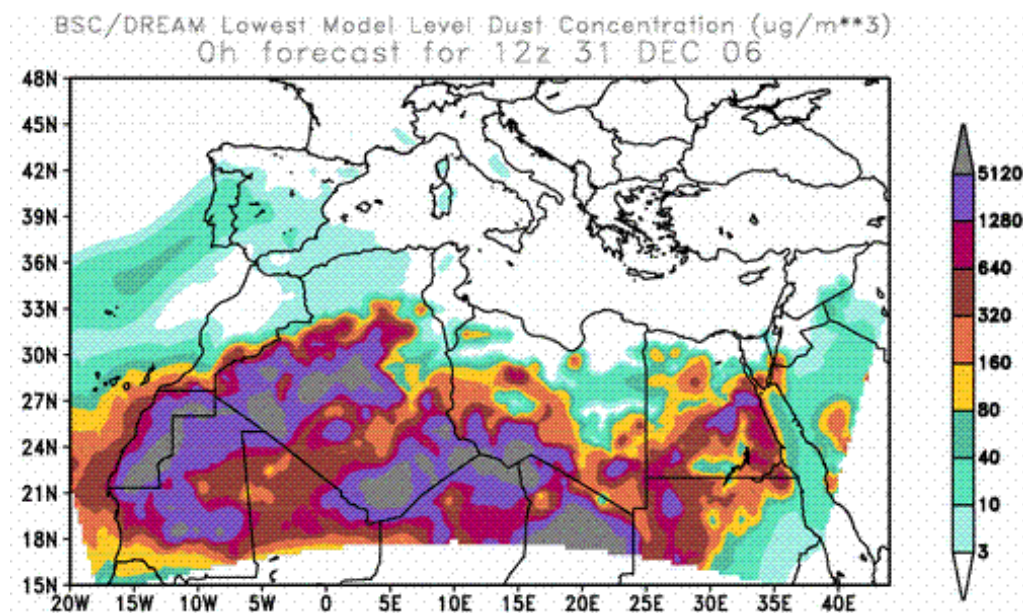


5. Resultados

e) Mapa NAAPS de concentración de aerosol a nivel de superficie (fuente: NRL).



f) Mapa BSC-DREAM de concentración de aerosol a nivel de superficie.



5. Resultados

La aparición de este escenario entre junio de 2004 y mayo de 2008 (es decir, 53 meses) es de 33 días de octubre a marzo y un día en mayo; el número de días durante un año completo varía entre los 4 de 2004 y los 11 de 2005, y 4 fueron los días durante los cinco primeros meses de 2008. Estos días se distribuyen en escenarios que duran de 1 a 4 días y en total el escenario se describe en 19 ocasiones en el periodo de estudio. El año que mayor número de escenarios Tipo A presenta es 2006 (5), mientras que 2005 y 2007 tienen la menor cantidad (3); el periodo de estudio en 2008 supone la aparición de este escenario en 4 ocasiones. Una visión más genérica de la mensualidad de este escenario se da en la Tabla 5.37, donde todos los registros de los 53 meses son promediados para producir un año promedio y los porcentajes también se presentan para evitar el sesgo en la interpretación de la lectura de los números decimales. El valor mensual es promediado a partir de los valores del mismo mes en todos los años desde enero de 2004 a mayo de 2008. El valor anual es calculado sumando los valores medios mensuales.

Similarmente a la Tabla 5.37, la Tabla 5.38 ofrece los resultados para un año promedio en el periodo de estudio en cuanto a la duración del escenario. Marzo (30%) sería el mes cuando el escenario Tipo A sería más común y la moda serían aquellos escenarios que durasen un día (54% del total de los escenarios de Tipo A). Aunque a lo largo de los 53 meses hay 108 días cuando la intrusión es acompañada de lluvias, ninguno de estos días aparece con el escenario de Tipo A. En todas estas tablas (Tabla 5.37 a 5.46), el número de días o frecuencia de aparición del escenario está redondeado a la décima y el porcentaje a la unidad. En las Tablas 5.38, 5.40, 5.42, 5.44 y 5.46, el valor mensual se ha promediado a partir de los valores del mismo mes en todos los años desde enero de 2004 a mayo de 2008.

5. Resultados

Tabla 5.37. Número promedio de días bajo el escenario de Tipo A en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su origen y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	NAF	ME	RE	ASW	TOTAL	%
Enero	0.8	0.0	0.0	0.8	1.6	22
Febrero	1.2	0.0	0.0	0.0	1.2	17
Marzo	0.6	0.0	0.0	0.6	1.2	17
Abril	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Mayo	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	3
Junio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Septiembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Octubre	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	7
Noviembre	0.5	0.0	0.0	0.8	1.3	17
Diciembre	1.3	0.0	0.0	0.0	1.3	17
Anual	5.1	0.0	0.0	2.2	7.2	100
%	70	0	0	30	100	

Tabla 5.38. Número promedio de escenarios de Tipo A en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su longitud en días y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	1 día	2 días	3	4	TOTAL	%
Enero	0.4	0.2	0.0	0.2	0.8	20
Febrero	0.4	0.0	0.0	0.2	0.6	15
Marzo	1.2	0.0	0.0	0.0	1.2	30
Abril	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Mayo	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	5
Junio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Septiembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Octubre	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	6
Noviembre	0.0	0.3	0.3	0.0	0.5	12
Diciembre	0.0	0.3	0.3	0.0	0.5	12
Anual	2.2	1.0	0.5	0.4	4.1	100
%	54	23	12	10	100	

Tipo B: Depresión atlántica. Una depresión está centrada al oeste de la Península Ibérica. Aunque Escudero et al. (2005) definieron que este escenario afecta al este peninsular cuando la baja presión está “centrada al suroeste de la costa de Portugal con una alta asociada o cuña sobre el centro del Mar Mediterráneo”, se ha observado que la

5. Resultados

Región de Murcia también se ve bajo condiciones del escenario Tipo B si la baja presión está centrada al oeste de la Península Ibérica (Querol et al., 2005a) e incluso si se localiza a su noroeste. En otras palabras, un giro en el sentido de la agujas del reloj o desplazamiento al oeste de las condiciones sinópticas puede alterar la posición “estándar” y motivar la presencia de polvo en la Región de Murcia. Las Figuras 5.31a y 5.31b ilustran el evento de intrusión del día 19 de marzo de 2005 con su cuadro de condiciones sinópticas a nivel medio de presión del mar y a 700 hPa, respectivamente. Como se observa en la Figura 5.31a una profunda depresión está centrada al oeste de las Islas Británicas con una alta sobre el Mediterráneo occidental. Las Figuras 5.31c y 5.31d muestran la intrusión a través de la atenuación óptica del espesor de polvo y la concentración de aerosol a nivel de superficie, respectivamente. La influencia de la profunda depresión localizada al oeste de Irlanda está demostrada por el penacho pulverulento que alcanza las Islas Británicas.

El escenario Tipo B aparece en 98 días entre enero de 2004 y mayo de 2008. El número de días al año fluctúa entre los 10 en 2005 y los 34 en 2006; los cinco primeros meses de 2008 tienen 24 días. Estos días se distribuyen en escenarios de 1 a 6 días de duración y también hay un escenario en 2008 que dura 8 días. La suma total de veces que aparece este escenario es 40 en los 53 meses. El año que tiene más escenarios Tipo B es 2006 (15), mientras 2005 es el que menos tiene (5); el periodo estudiado de 2008 presenta 7 escenarios Tipo B. El número medio mensual de días con este escenario se clasifica en la Tabla 5.39. En la Tabla 5.40 se muestra el número de veces en las que se da el escenario Tipo B según la duración en días del escenario.

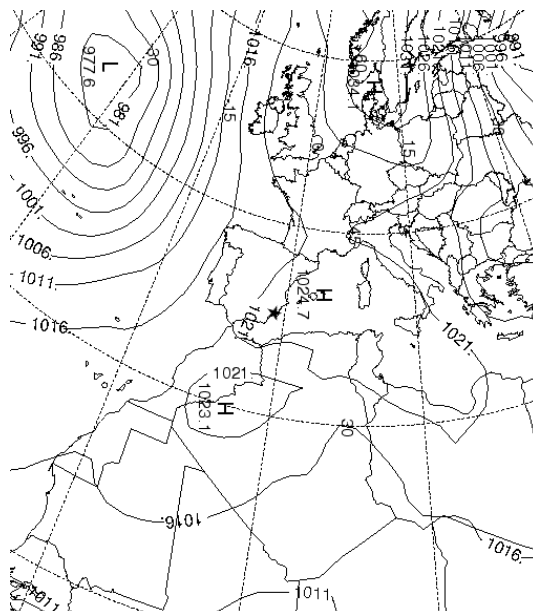
Por otro lado, en los 53 meses estudiados hay 108 días en los que llueve en Cartagena durante la intrusión africana; 27 de estos días (25%) corresponden al

5. Resultados

escenario Tipo B. Los días del escenario Tipo B con precipitación acumulan 145.7 de 481.6 mm (30%) de la lluvia recogida en los días con intrusión durante los 53 meses. A partir de los datos globales, se ha calculado la frecuencia en días en los que se registran precipitaciones, esta frecuencia es promediada para cada mes según el tipo de escenario que se presenta en la Tabla 5.50. La cantidad de precipitación promediada para cada mes según el tipo de escenario se recoge en la Tabla 5.51.

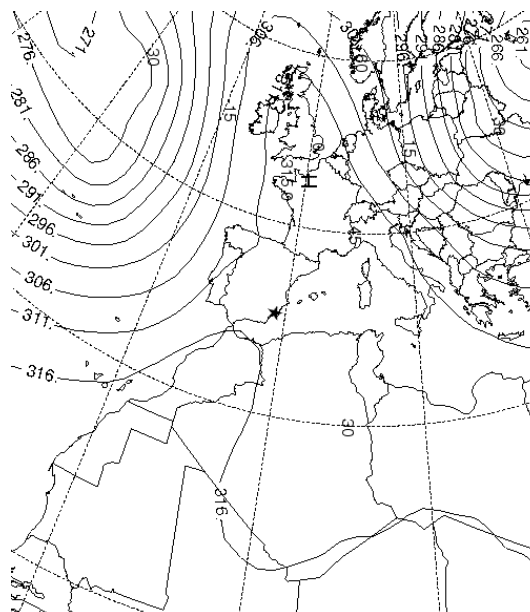
Figura 5.31. Intrusión bajo escenario de Tipo B el día 19 de marzo de 2005.

a) Situación sinóptica a nivel medio de presión del mar (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

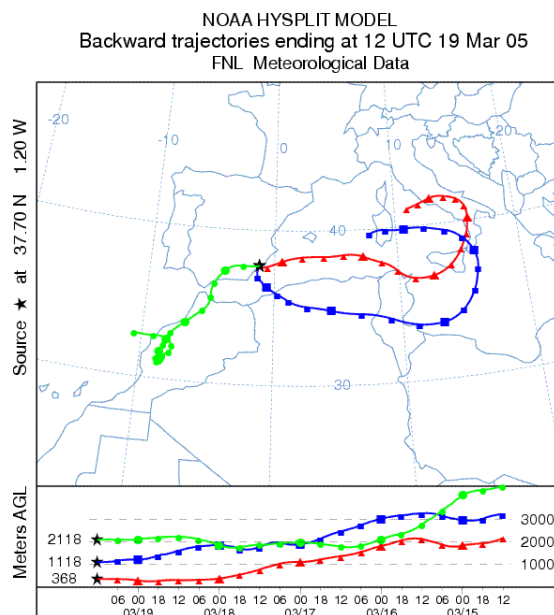


5. Resultados

b) Situación sinóptica a 700 hPa (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

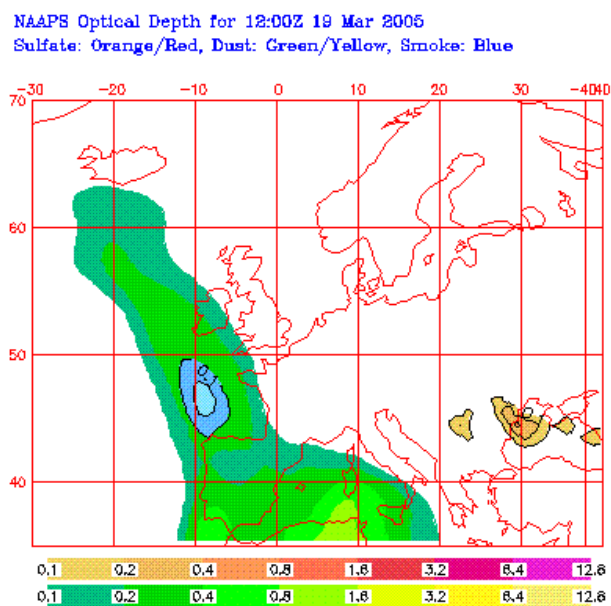


c) Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde) (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

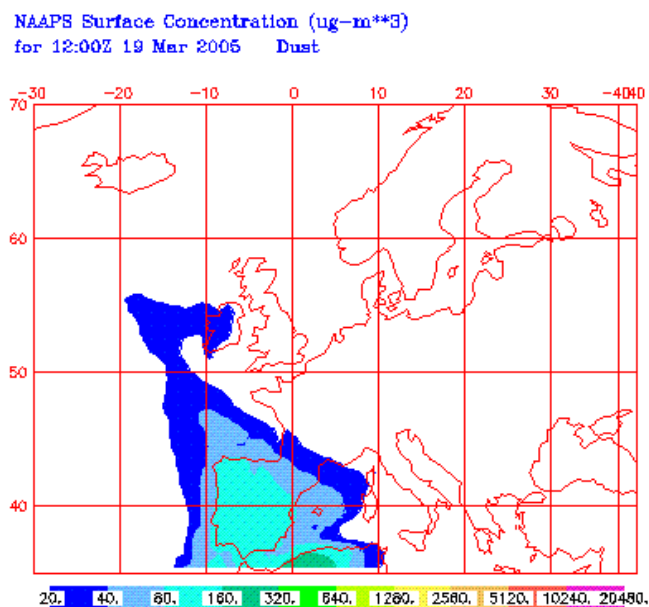


5. Resultados

d) Mapa NAAPS de atenuación óptica del espesor de polvo (fuente: NRL).



e) Mapa NAAPS de concentración de aerosol a nivel de superficie (fuente: NRL).



5. Resultados

Tabla 5.39. Número promedio de días bajo el escenario de Tipo B en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su origen y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	NAF	ME	RE	ASW	TOTAL	%
Enero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Febrero	3.0	0.0	0.0	0.0	3.0	14
Marzo	1.0	0.0	0.0	0.2	1.2	5
Abril	1.0	0.0	0.0	1.0	2.0	9
Mayo	2.4	0.0	0.0	1.2	3.6	16
Junio	1.5	0.0	0.0	0.0	1.5	7
Julio	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	3
Agosto	0.5	0.0	0.0	0.5	1.0	5
Septiembre	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5
Octubre	1.3	0.8	0.0	1.3	3.3	15
Noviembre	2.8	0.0	0.0	0.8	3.5	16
Diciembre	1.3	0.0	0.0	0.0	1.3	6
Anual	16.4	0.8	0.0	4.9	22.1	100
%	74	3	0	22	100	

Tabla 5.40. Número promedio de escenarios de Tipo B en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su duración en días y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	1 día	2 días	3	4	5	6	8	TOTAL	%
Enero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Febrero	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	9
Marzo	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	7
Abril	0.8	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.2	13
Mayo	0.0	0.2	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0	1.0	11
Junio	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	5
Julio	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3
Agosto	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	8
Septiembre	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	8
Octubre	0.8	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	1.5	16
Noviembre	0.3	0.5	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.5	16
Diciembre	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	3
Anual	3.0	2.3	2.3	0.9	0.3	0.2	0.2	9.1	100
%	33	25	25	10	3	2	2	100	

Tipo C: Depresión norteafricana. Un sistema de tres centros de presión controla los flujos que afectan al sur de Europa y la cuenca mediterránea: una baja sobre el norte de África o el Mediterráneo occidental que se puede extender hasta la Península Ibérica; el anticiclón de las Azores que bloquea a la baja por su oeste; y una recurrente alta o cuña

5. Resultados

anticiclónica al este de la depresión y que se localiza sobre Europa del este o el Mediterráneo oriental.

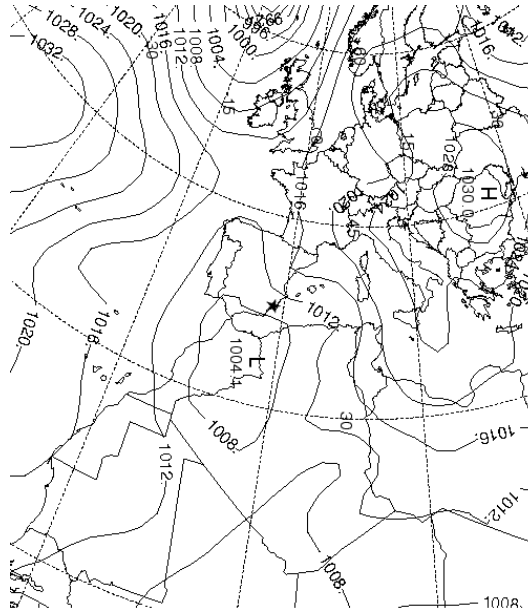
La Figura 5.32a y la Figura 5.32b ilustran los cuadros de condiciones sinópticas a nivel medio de presión del mar y a 700 hPa, respectivamente, el día 15 de abril de 2004, bajo el escenario Tipo C. La Figura 5.32c presenta las retrotrayectorias para este episodio definido con origen NAF, pero donde el sector ME también se hace presente. De hecho, el 15 de abril de 2005 la estación meteorológica de Cartagena recoge 45.8 mm de lluvia. La Figura 5.32d presenta la carga de polvo durante ese día y la Figura 5.32e provista por BSC-DREAM ilustra la concentración del polvo a nivel de superficie sobre España.

El escenario Tipo C supone 144 días (26%) de polvo del total de 562 días de polvo durante los 53 meses estudiados. El número de días por año fluctúa entre los 20 de 2005 y los 68 de 2007; los cinco primeros meses de 2008 tienen 6 días. Estos días se distribuyen en escenarios Tipo C que duran de 1 a 6 días; también hay un escenario que dura 13 días en 2007. El total de veces que aparece el escenario Tipo C es 59. El año que tiene el mayor número de escenarios Tipo C es 2007 (20), mientras que 2006 tiene el menor número de estos escenarios (10); en el periodo de estudio de 2008 este escenario aparece en tres ocasiones. Tal como se hace con los otros escenarios, el número medio mensual de días bajo el escenario Tipo C se clasifica según sus retrotrayectorias en la Tabla 5.41. En la Tabla 5.42 se muestra el número de veces en las que se da el escenario Tipo C según la duración en días del escenario. Se encuentran bajo este escenario 50 de los 108 días de intrusión en los que se registra precipitaciones, es decir, el 46% y la máxima cantidad de lluvia recogida, 222.2 mm del total recogida bajo intrusión, el 46%, durante los 53 meses del estudio.

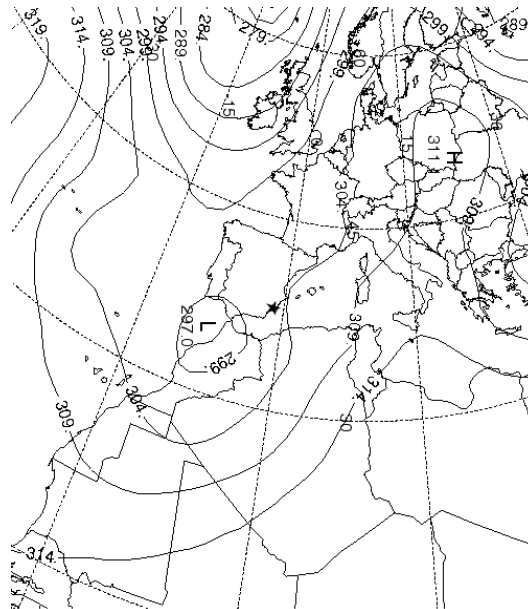
5. Resultados

Figura 5.32. Intrusión bajo el escenario Tipo C el 15 de abril de 2004.

a) Situación sinóptica a nivel medio de presión del mar (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

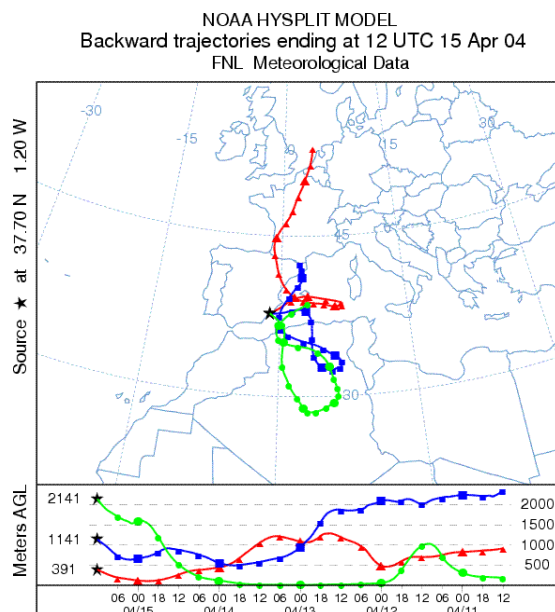


b) Situación sinóptica a 700 hPa (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

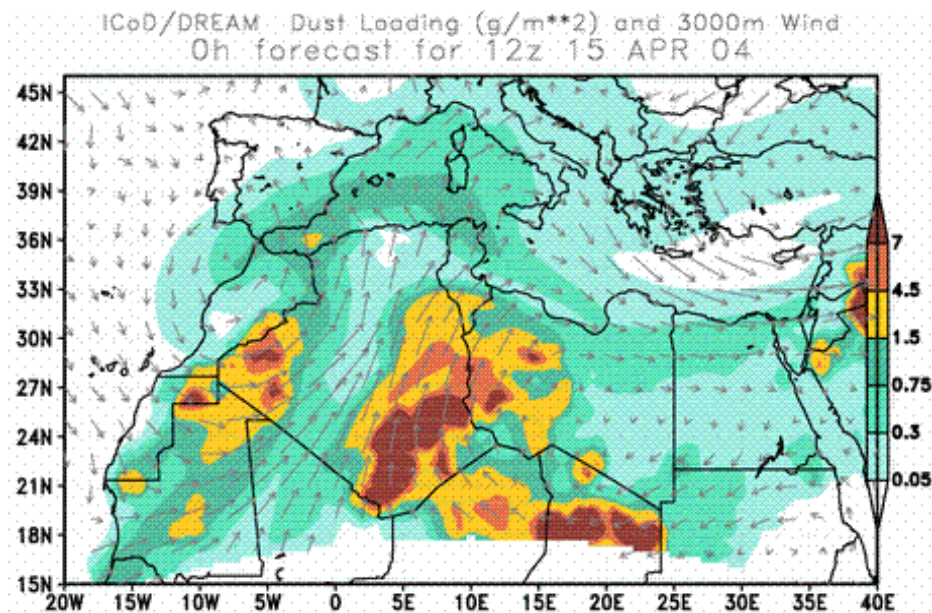


5. Resultados

c) Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde) (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).



d) Mapa BSC-DREAM de carga de polvo.



5. Resultados

e) Mapa BSC-DREAM de concentración de aerosol a nivel de superficie.

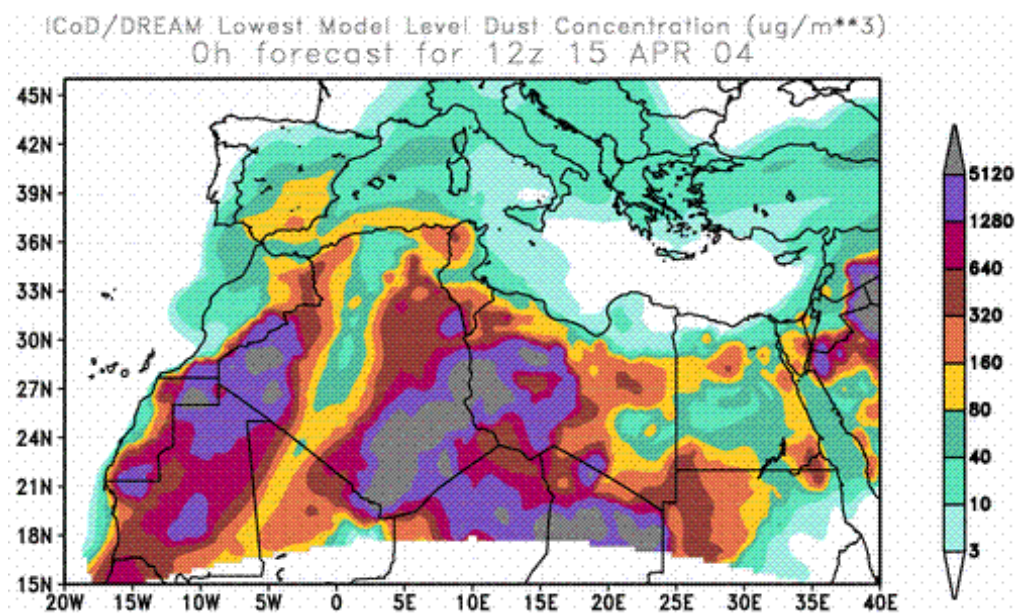


Tabla 5.41. Número promedio de días bajo el escenario de Tipo C en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su origen y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	NAF	ME	RE	ASW	TOTAL	%
Enero	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	3
Febrero	1.4	0.0	0.0	0.0	1.4	4
Marzo	2.0	1.2	0.0	0.2	3.4	11
Abril	2.8	2.6	0.0	1.0	6.4	20
Mayo	3.6	0.0	0.0	1.0	4.6	14
Junio	1.5	0.0	0.0	1.0	2.5	8
Julio	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	2
Agosto	1.5	0.0	0.0	2.8	4.3	13
Septiembre	1.8	0.0	0.0	1.8	3.5	11
Octubre	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	1
Noviembre	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	5
Diciembre	2.0	0.0	0.0	0.5	2.5	8
Anual	19.4	3.8	0.0	8.7	31.9	100
%	61	12	0	27	100	

5. Resultados

Tabla 5.42. Número promedio de escenarios de Tipo C en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su duración en días y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

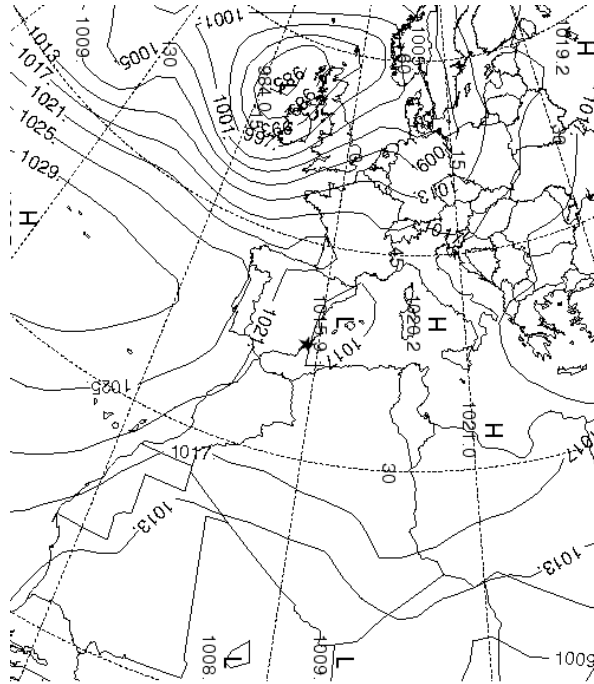
	1 día	2 días	3	4	5	6	13	TOTAL	%
Enero	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3
Febrero	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	5
Marzo	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	1.4	11
Abril	0.8	0.6	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	2.0	15
Mayo	0.6	0.4	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	1.6	12
Junio	0.5	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.3	9
Julio	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	4
Agosto	0.3	0.8	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.5	11
Septiembre	0.5	0.3	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.5	11
Octubre	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2
Noviembre	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	6
Diciembre	0.8	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	11
Anual	4.8	4.5	1.4	0.9	1.3	0.2	0.2	13.3	100
%	36	34	11	7	10	2	2		

Tipo D: Altas presiones sobre el norte de África en las capas altas. Este escenario está normalmente asociado con bajas térmicas en superficie, por lo que su frecuencia es mayor cuando la insolación es máxima, es decir, en verano. Cuando la materia particulada se encuentra resuspendida en el norte de África, una alta sobre el continente fuerza a las masas de aire a salir hacia el norte. El resultado es un flujo masivo de material particulado en altura (Rodríguez et al., 2001). El día 18 de mayo de 2006 el escenario Tipo D se describe en vista del cuadro de condiciones sinópticas a nivel medio de presión del mar de la Figura 5.33a y el de las condiciones sinópticas a 700 hPa de la Figura 5.33b. La Figura 5.33c sustenta el origen NAF de las masas de aire a través de las retrotrayectorias. La Figura 5.33d presenta la carga de polvo ese día y la Figura 5.33e ilustra la concentración de polvo a nivel de superficie sobre España tal como se ve en el mapa provisto por BSC-DREAM. El típico transporte masivo sobre la cuenca del Mediterráneo occidental se observa en las últimas figuras.

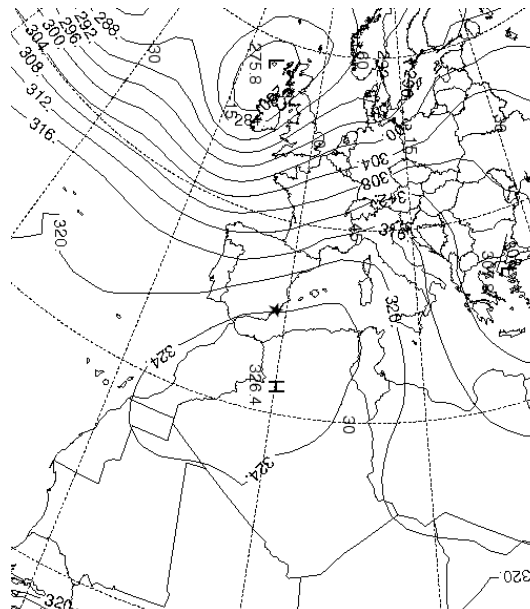
5. Resultados

Figura 5.33. Intrusión bajo escenario Tipo D el 18 de mayo de 2006.

a) Situación sinóptica a nivel medio de presión del mar (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

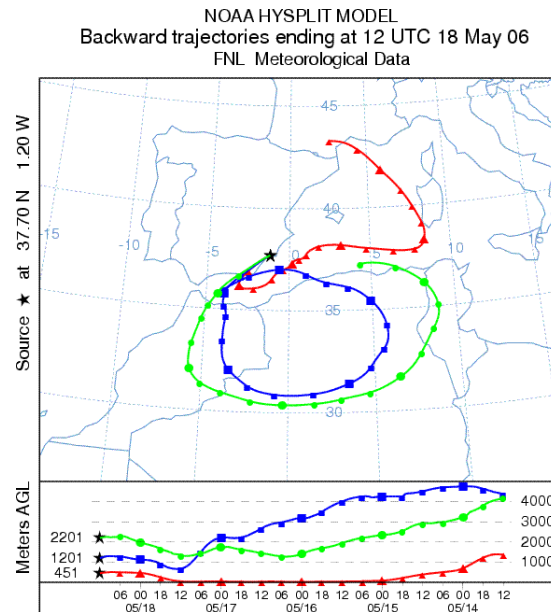


b) Situación sinóptica a 700 hPa (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

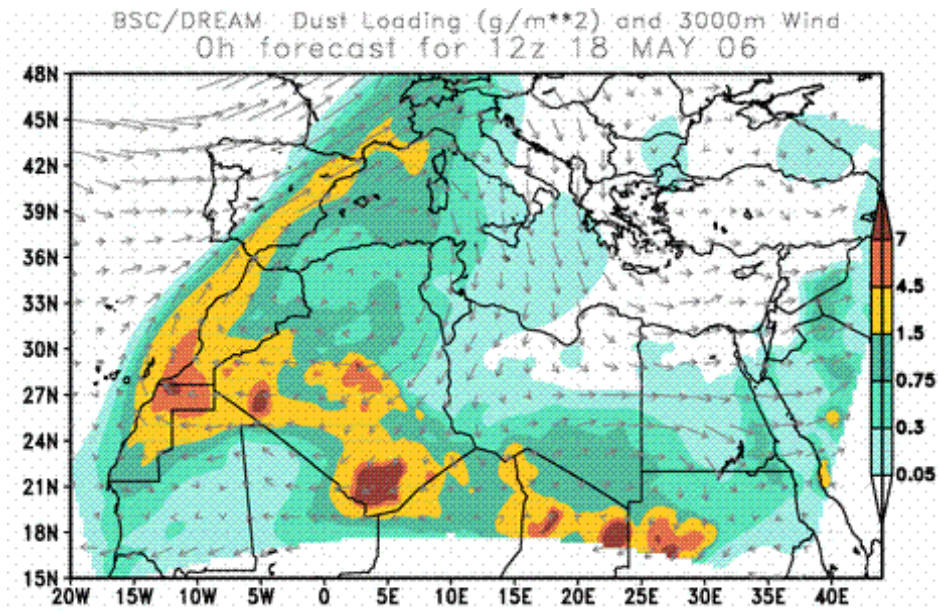


5. Resultados

c) Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde) (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

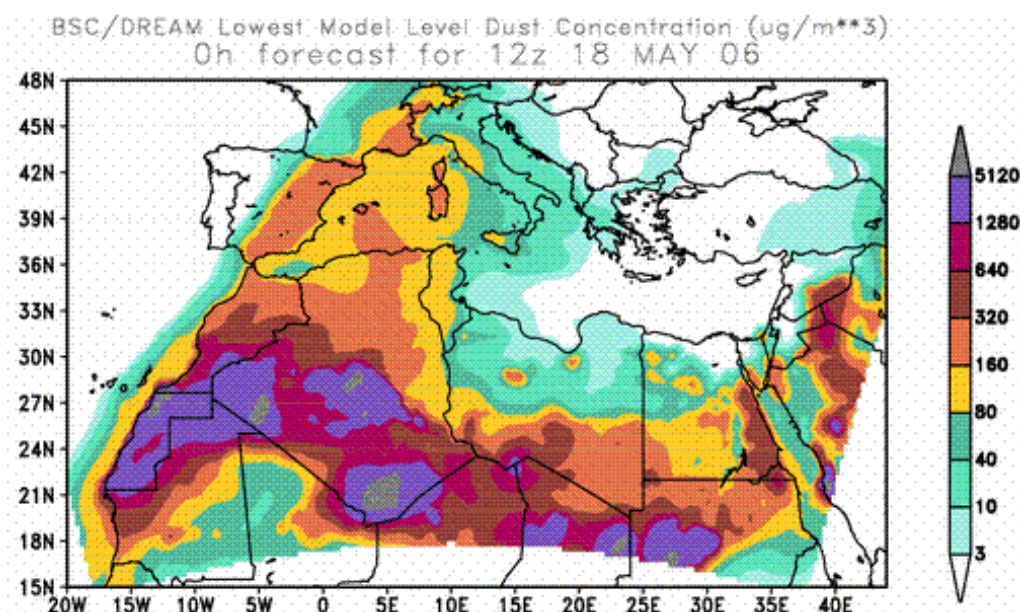


d) Mapa BSC-DREAM de carga de polvo.



5. Resultados

e) Mapa BSC-DREAM de concentración de aerosol a nivel de superficie.



El escenario Tipo D ocurre en 170 días con polvo (30%) del total de 562 días con polvo en los 53 meses estudiados. Esto significa que el Tipo D es el escenario más repetido causante de una intrusión. El número de días por año fluctúa entre los 57 de 2004 y los 29 de 2007; el escenario Tipo D no conduce a ninguna intrusión en los cinco primeros meses de 2008. Los días bajo el escenario Tipo D se distribuyen en intervalos que duran de uno a seis días, nueve días y 23 días que dura este escenario en una de las veces que aparece en 2004. La suma total de veces que aparece el Tipo D es 48. En 2004 y 2005 el escenario Tipo D aparece 13 veces cada año, en 2006 y 2007 lo hace 11. Como en el resto de escenarios, se calcula un año promedio a partir de los datos de los 53 meses: la media mensual del número de días bajo el Tipo D se clasifica según las retrotrayectorias en la Tabla 5.43. La duración media mensual de los escenarios de Tipo D se proporciona en la Tabla 5.44. La Figura 5.34 muestra las retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia el día 2 de mayo de 2005. Bajo el escenario Tipo D se registran lluvias sólo en 13 (12%) de los 108 días con

5. Resultados

precipitaciones en que se detecta intrusión y la cantidad de lluvia recogida es en total de 9.3 mm (2%) de los 481.6 mm recogidos en esos 108 días.

Tabla 5.43. Número promedio de días bajo el escenario de Tipo D en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su origen y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

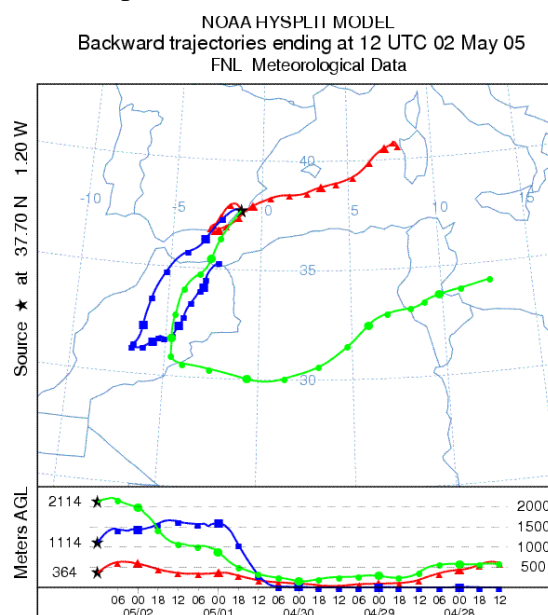
	NAF	ME	RE	ASW	TOTAL	%
Enero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Febrero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Marzo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Abril	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2
Mayo	3.8	0.0	0.0	0.6	4.4	11
Junio	6.0	0.0	0.0	1.5	7.5	18
Julio	6.8	0.0	0.0	2.3	9.0	22
Agosto	6.8	0.0	0.0	0.0	6.8	16
Septiembre	6.0	0.0	0.0	1.8	7.8	19
Octubre	4.3	0.0	0.0	0.0	4.3	10
Noviembre	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1
Diciembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Anual	35.1	0.0	0.0	6.1	41.2	100
%	85	0	0	15	100	

Tabla 5.44. Número promedio de escenarios de Tipo D en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su duración en días y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	1 día	2 días	3	4	5	6	9	23	TOTAL	%
Enero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Febrero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Marzo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Abril	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.4	3
Mayo	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.6	5
Junio	0.0	0.5	0.8	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	2.0	17
Julio	0.5	0.5	1.3	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	26
Agosto	0.5	0.0	0.5	0.3	0.3	0.0	0.0	0.3	1.8	15
Septiembre	1.0	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	19
Octubre	0.5	0.0	0.5	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	1.5	13
Noviembre	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2
Diciembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Anual	2.7	1.5	4.2	1.3	1.0	0.3	0.6	0.3	11.8	100
%	23	13	36	11	9	2	5	2	100	

5. Resultados

Figura 5.34. Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde) el día 2 de mayo de 2005. Las retrotrayectorias muestran bucles durante un evento de precipitación bajo el escenario Tipo D (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).



Estos cuatro cuadros de condiciones sinópticas corresponderían a las situaciones modelo para la Península Ibérica, pero cuando la intrusión afecta a la Región de Murcia se han encontrado situaciones, con presencia de partículas de polvo, que no se ajustan a las condiciones de las cuatro situaciones anteriormente analizadas; por ello, se plantea la necesidad de introducir un nuevo escenario, el Tipo E.

Tipo E: Débil gradiente de presión a nivel de superficie. El 11 de octubre de 2006 el escenario de Tipo E se describe a la vista del mapa de condiciones sinópticas a nivel medio de presión del mar que se ilustra en la Figura 5.35a: un panorama prácticamente ausente de movimiento de las masas de aire prevalece sobre la cuenca mediterránea. La Figura 5.35b replica este panorama a 700 hPa. Sin embargo, en consideración de los casos que se observan desde enero de 2004 a mayo de 2008, el bajo gradiente en las capas altas no representaría una condición necesaria para que el estancamiento a nivel

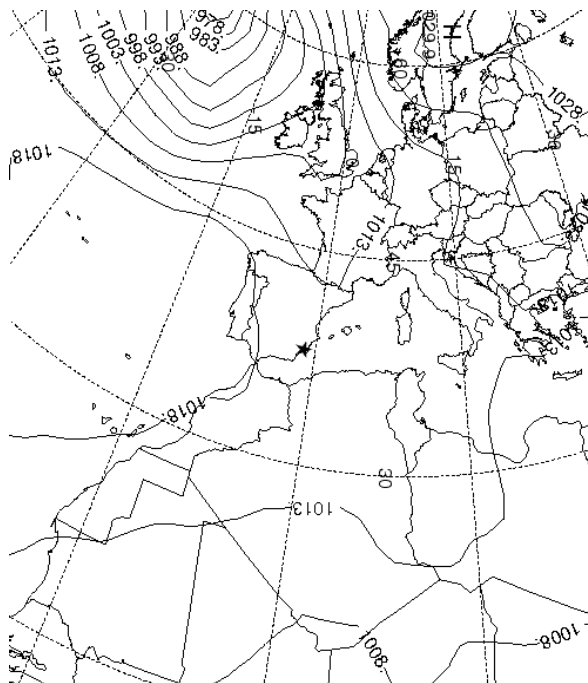
5. Resultados

de superficie apareciera. La Figura 5.35c muestra las retrotrayectorias de las masas de aire ese día; los bucles son una característica habitual de las retrotrayectorias bajo el escenario de Tipo E. Los mapas NAAPs se proporcionan en la Figura 5.35d y la Figura 5.35e: la atenuación óptica del espesor de polvo y la concentración de aerosoles a nivel de superficie respectivamente. El bajo gradiente de presión sobre la Región de Murcia hace que el polvo persista sobre el área bajo el escenario Tipo E definido.

De los 108 días con precipitaciones e intrusión en el periodo de tiempo estudiado 18 (17%) corresponden al escenario Tipo E. Además, la cantidad de lluvia recogida ha sido en total 104.4 mm, alcanzando el porcentaje de 22% del total de lluvia recogida bajo intrusiones en los 53 meses de estudio.

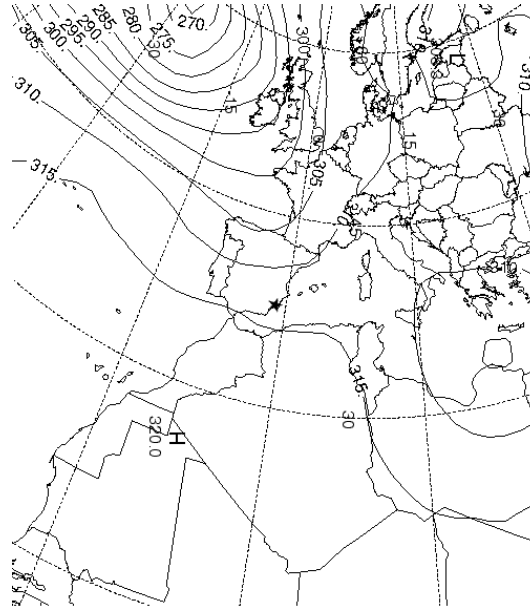
Figura 5.35. Intrusión bajo escenario Tipo E el día 11 de octubre de 2006.

a) Situación sinóptica a nivel medio de presión del mar (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

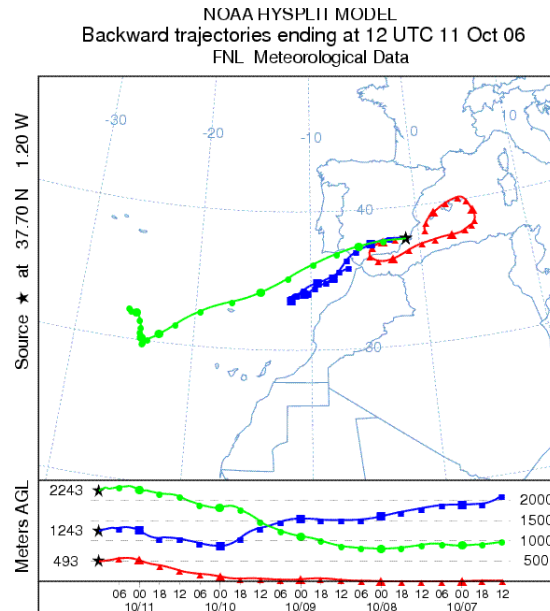


5. Resultados

b) Situación sinóptica a 700 hPa (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

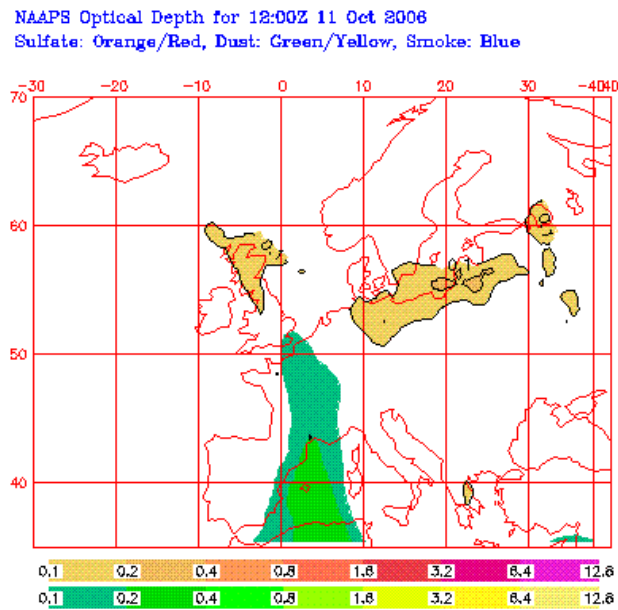


c) Retrotrayectorias a cinco días de las masas de aire que llegan a la Región de Murcia a 750 m.s.n.m. (roja), 1500 m.s.n.m. (azul) y 2500 m.s.n.m. (verde) (fuente: Air Resources Laboratory, NOAA).

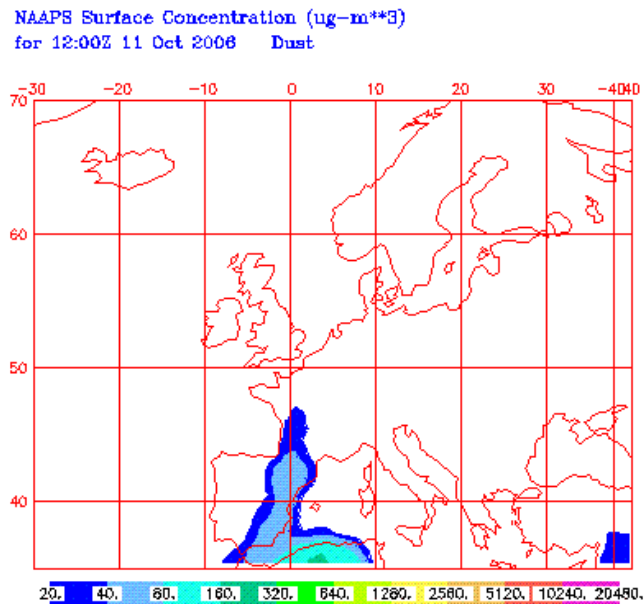


5. Resultados

d) Mapa NAAPs de atenuación óptica del espesor de polvo (fuente: NRL).



e) Mapa NAAPs de concentración de aerosol a nivel de superficie (fuente: NRL).



El escenario de Tipo E aparece en 117 días de polvo (21%) del total de 562 días con polvo en los 53 meses estudiados. Eso significa que el escenario Tipo E llega a ser el

5. Resultados

tercer escenario más repetido a la hora de causar una intrusión. El número de días por año varía entre los 44 en 2007 y los 12 en 2005; el escenario Tipo E conduce 15 días de intrusión durante los cinco primeros meses de 2008. Los días bajo el escenario de Tipo E se distribuyen en periodos que duran de uno a cuatro días, seis o siete días y también doce días en un escenario de 2006. La suma de veces que el escenario de Tipo E aparece es 60. El año que mayor cantidad de escenarios Tipo E tiene es 2007 (20), mientras 2004 tiene el menor número (8); el periodo estudiado en 2008 supone la aparición de nueve veces este escenario. Como en los otros escenarios, un año promedio se calcula a partir de los valores de cada año: el número medio mensual de días bajo el escenario de Tipo E se clasifica según las retrotrayectorias en la Tabla 5.45. La duración media por meses de este escenario se proporciona en la Tabla 5.46.

Tabla 5.45. Número promedio de días bajo el escenario de Tipo E en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su origen y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	NAF	ME	RE	ASW	TOTAL	%
Enero	0.0	0.0	3.2	0.0	3.2	12
Febrero	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	1
Marzo	0.0	0.0	1.6	0.2	1.8	7
Abril	0.0	0.0	2.4	0.0	2.4	9
Mayo	0.0	0.0	1.4	0.0	1.4	5
Junio	0.0	0.0	3.5	0.0	3.5	13
Julio	0.0	0.0	8.5	0.0	8.5	31
Agosto	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	7
Septiembre	0.0	0.0	1.3	0.0	1.3	5
Octubre	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	7
Noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Diciembre	0.3	0.0	0.5	0.0	0.8	3
Anual	0.3	0.0	26.6	0.2	27.0	100
%	1	0	98	1	100	

5. Resultados

Tabla 5.46. Número promedio de escenarios de Tipo E en la Región de Murcia por meses, anual y porcentaje (%) según su duración en días y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	1 día	2 días	3	4	6	7	12	TOTAL	%
Enero	0.0	0.6	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	1.0	7
Febrero	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1
Marzo	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	9
Abril	0.8	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.4	10
Mayo	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7
Junio	1.3	0.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	2.3	16
Julio	1.0	0.5	0.3	0.0	0.3	0.3	0.3	2.5	18
Agosto	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7
Septiembre	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	9
Octubre	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	9
Noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Diciembre	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5
Anual	7.7	4.3	0.3	0.7	0.5	0.3	0.3	13.8	100
%	56	31	2	5	3	2	2	100	

La Tabla 5.47 presenta el resumen de los días con intrusión por tipo de escenario desde enero de 2004 a mayo de 2008. Ya que 2008 no está completo, aparece el sesgo de incluir más meses de enero a mayo que de junio a diciembre. Este problema se pretende solventar promediando los valores para cada mes en la Tabla 5.48, que sería el modo en que se distribuirían los días de intrusión con el promedio a partir de los 53 meses disponibles. La Tabla 5.49 detalla la duración de los episodios y escenarios de intrusión por año, desde enero de 2004 a mayo de 2008.

La Tabla 5.50 recoge el número promedio de días con precipitación que se registran en Cartagena para cada mes y en el año según el escenario. El valor mensual es promediado a partir de los valores del mismo mes en todos los años con datos disponibles, y el anual como la suma de los promedios mensuales. La Tabla 5.51 muestra la cantidad recogida cada mes y la total también clasificada según el escenario.

5. Resultados

Tabla 5.47. Distribución mensual y total del número de días de intrusión según el tipo de escenario (Tipo A, B, C, D y E) desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	Intrusión con Escenario tipo					
	A	B	C	D	E	Total
Enero	8	0	4	0	16	28
Febrero	6	15	7	0	1	29
Marzo	6	6	17	0	9	38
Abril	0	10	32	5	12	59
Mayo	1	18	23	22	7	71
Junio	0	6	10	30	14	60
Julio	0	3	2	36	34	75
Agosto	0	4	17	27	8	56
Septiembre	0	4	14	31	5	54
Octubre	2	13	1	17	8	41
Noviembre	5	14	7	2	0	28
Diciembre	5	5	10	0	3	23
Total	33	98	144	170	117	562

Tabla 5.48. Distribución mensual y anual del número promedio de días de intrusión según el tipo de escenario (Tipo A, B, C, D y E).

	Intrusión con Escenario tipo					
	A	B	C	D	E	Total
Enero	2	0	1	0	3	6
Febrero	1	3	1	0	0	6
Marzo	1	1	3	0	2	8
Abril	0	2	6	1	2	12
Mayo	0	4	5	4	1	14
Junio	0	2	3	8	4	15
Julio	0	1	1	9	9	19
Agosto	0	1	4	7	2	14
Septiembre	0	1	4	8	1	14
Octubre	1	3	0	4	2	10
Noviembre	1	4	2	1	0	7
Diciembre	1	1	3	0	1	6
Anual	7	22	32	41	27	129

5. Resultados

Tabla 5.49. Detalle de episodios (“ASW” Atlántico Suroeste, “NAF” Norteafricano, “ME” Mediterráneo y “RE” Regional) y escenarios (Tipo A, B, C, D y E) con su duración desde enero de 2004 a mayo de 2008. X significa la continuación del código o número precedente. La fecha va indicada primero el mes, luego el día y por último el año (MM-DD-AAAA).

a) Fechas de los escenarios de intrusión y sus episodios en 2004.

FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO	FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO
01-07-2004	NAF	2	A	2	07-20-2004	RE	1	E	1
02-06-2004	NAF	4	A	4	07-21-2004	NAF	5	D	5
02-20-2004	NAF	2	B	2	07-26-2004	RE	2	E	2
03-06-2004	NAF	1	C	1	07-28-2004	NAF	1	D	1
03-08-2004	ASW	1	A	1	07-29-2004	RE	3	E	3
03-09-2004	NAF	1	C	1	08-01-2004	ASW	1	B	1
03-10-2004	ASW	1	A	1	08-02-2004	NAF	1	D	1
03-15-2004	NAF	5	C	5	08-03-2004	ASW	1	B	1
03-20-2004	RE	2	E	2	08-06-2004	NAF	3	D	3
04-14-2004	NAF	2	C	2	08-14-2004	NAF	1	D	1
04-29-2004	NAF	1	C	1	08-22-2004	NAF	23	D	23
05-02-2004	ASW	2	C	2	09-14-2004	ASW	1	C	1
05-13-2004	RE	2	E	2	09-24-2004	ASW	1	D	1
05-20-2004	NAF	5	C	5	10-04-2004	NAF	5	D	5
05-25-2004	RE	1	E	1	10-09-2004	ASW	1	B	1
06-07-2004	NAF	6	B	3	10-23-2004	NAF	3	D	3
06-10-2004	X	X	D	3	11-29-2004	NAF	3	B	3
06-13-2004	RE	1	E	1	12-03-2004	ASW	1	C	1
06-27-2004	NAF	5	D	5	12-04-2004	NAF	1	E	1
07-05-2004	NAF	2	D	2	12-05-2004	ASW	1	C	1
07-07-2004	ASW	1	C	1	12-09-2004	NAF	1	C	1
07-16-2004	NAF	4	D	4	12-15-2004	NAF	2	C	2

5. Resultados

b) Fechas de los escenarios de intrusión y sus episodios en 2005.

FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO	FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO
01-17-2005	RE	2	E	2	06-29-2005	ASW	2	C	2
02-07-2005	NAF	2	C	2	07-15-2005	NAF	3	D	3
03-11-2005	RE	1	E	1	07-18-2005	ASW	1	C	1
03-12-2005	NAF	8	B	2	07-19-2005	NAF	3	D	3
03-14-2005	X	X	C	3	07-22-2005	RE	1	E	1
03-17-2005	X	X	B	3	07-27-2005	ASW	2	D	2
03-20-2005	ASW	1	E	1	08-07-2005	NAF	3	D	3
03-21-2005	NAF	1	A	1	08-10-2005	ASW	1	C	1
03-22-2005	ASW	1	C	1	08-14-2005	RE	1	E	1
04-07-2005	NAF	1	B	1	08-15-2005	NAF	4	D	4
04-08-2005	ASW	1	C	1	08-19-2005	RE	1	E	1
04-27-2005	NAF	9	D	9	09-04-2005	RE	1	E	1
05-20-2005	NAF	2	A	1	09-05-2005	ASW	1	D	1
05-21-2005	X	X	C	1	09-14-2005	NAF	4	D	3
05-24-2005	ASW	1	C	1	09-17-2005	X	X	C	1
05-25-2005	NAF	11	B	2	09-27-2005	RE	1	E	1
05-27-2005	X	X	D	9	09-28-2005	NAF	3	C	3
06-05-2005	RE	2	E	2	10-16-2005	NAF	3	D	3
06-12-2005	ASW	2	C	2	10-27-2005	NAF	4	D	4
06-24-2005	NAF	1	C	1	11-02-2005	NAF	2	D	2
06-25-2005	RE	1	E	1	11-21-2005	NAF	2	B	2
06-26-2005	NAF	3	D	3	12-25-2005	NAF	2	A	2

c) Fechas de los escenarios de intrusión y sus episodios en 2006.

FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO	FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO
02-10-2006	NAF	2	B	2	07-20-2006	RE	12	E	12
03-27-2006	ASW	1	A	1	08-20-2006	NAF	5	D	5
04-01-2006	ASW	2	C	2	09-06-2006	NAF	5	B	2
04-03-2006	NAF	2	B	2	09-08-2006	X	X	D	3
04-05-2006	ASW	1	C	1	09-21-2006	NAF	1	B	1
04-14-2006	NAF	4	B	1	09-22-2006	ASW	1	D	1
04-15-2006	X	X	D	1	09-23-2006	NAF	1	B	1
04-16-2006	X	X	C	2	09-24-2006	ASW	1	D	1
04-22-2006	ASW	1	B	1	10-01-2006	ASW	1	B	1
04-23-2006	NAF	4	C	4	10-02-2006	NAF	1	D	1
04-27-2006	RE	2	E	2	10-03-2006	ASW	1	B	1
05-02-2006	NAF	6	C	6	10-08-2006	RE	2	E	2
05-11-2006	NAF	9	D	9	10-10-2006	NAF	1	D	1
05-20-2006	RE	1	E	1	10-11-2006	RE	1	E	1
05-26-2006	NAF	6	B	6	10-18-2006	RE	2	E	2
06-07-2006	NAF	3	B	3	10-25-2006	NAF	10	B	5
06-12-2006	RE	1	E	1	10-30-2006	X	X	A	2
06-13-2006	NAF	4	C	4	11-01-2006	X	X	B	3
06-17-2006	RE	2	E	2	11-07-2006	NAF	6	C	2
06-19-2006	NAF	6	D	6	11-09-2006	X	X	B	4
06-25-2006	RE	2	E	2	11-15-2006	NAF	2	A	2
06-27-2006	NAF	1	C	1	11-17-2006	ASW	1	B	1
06-28-2006	RE	4	E	4	11-24-2006	ASW	3	A	3
07-02-2006	ASW	4	D	4	11-28-2006	NAF	2	C	2
07-06-2006	RE	2	E	2	12-16-2006	NAF	2	C	2
07-15-2006	NAF	3	D	3	12-18-2006	RE	1	E	1
07-18-2006	RE	1	E	1	12-29-2006	NAF	3	A	3

5. Resultados

d) Fechas de los escenarios de intrusión y sus episodios en 2007.

FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO	FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO
01-01-2007	RE	2	E	2	07-24-2007	RE	1	E	1
01-10-2007	ASW	4	A	4	07-25-2007	ASW	3	D	3
01-15-2007	NAF	2	C	2	07-28-2007	RE	7	E	7
01-17-2007	RE	6	E	6	08-04-2007	ASW	5	C	5
01-29-2007	NAF	2	C	2	08-09-2007	RE	2	E	2
02-03-2007	NAF	3	C	2	08-11-2007	ASW	5	C	5
02-05-2007	X	X	A	1	08-18-2007	NAF	2	C	2
02-16-2007	NAF	1	A	1	08-24-2007	NAF	6	C	2
03-14-2007	RE	1	E	1	08-26-2007	X	X	B	2
03-15-2007	ME	4	C	4	08-28-2007	X	X	C	2
03-26-2007	RE	2	E	2	08-30-2007	RE	1	E	1
03-28-2007	ME	2	C	2	09-01-2007	ASW	2	C	2
04-04-2007	ASW	1	C	1	09-10-2007	RE	1	E	1
04-05-2007	RE	4	E	4	09-11-2007	NAF	6	C	3
04-09-2007	NAF	5	C	5	09-14-2007	X	X	D	3
04-14-2007	RE	1	E	1	09-17-2007	RE	1	E	1
04-17-2007	ME	13	C	13	09-18-2007	ASW	4	C	4
04-28-2007	RE	2	E	2	09-22-2007	NAF	2	D	2
05-11-2007	ASW	3	B	3	09-24-2007	RE	1	E	1
05-20-2007	NAF	5	C	5	09-28-2007	ASW	3	D	3
05-25-2007	ASW	3	D	3	10-01-2007	RE	2	E	2
06-11-2007	ASW	4	D	4	10-03-2007	ASW	2	B	2
06-18-2007	ASW	2	D	2	10-14-2007	ME	3	B	3
06-23-2007	NAF	3	D	3	10-17-2007	RE	1	E	1
06-26-2007	RE	1	E	1	10-29-2007	NAF	1	C	1
06-29-2007	RE	1	E	1	11-19-2007	ASW	2	B	2
06-30-2007	NAF	2	D	2	11-27-2007	NAF	3	C	3
07-07-2007	NAF	3	D	3	12-18-2007	RE	1	E	1
07-14-2007	NAF	3	B	3	12-19-2007	NAF	7	B	4
07-17-2007	RE	6	E	6	12-23-2007	X	X	C	3
07-23-2007	NAF	1	D	1					

e) Fechas de los escenarios de intrusión y sus episodios en 2008 hasta mayo.

FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO	FECHA	EPISODIO	DÍAS DURACIÓN EPISODIO	ESCENARIO	DÍAS DURACIÓN ESCENARIO
01-22-2008	NAF	1	A	1	04-06-2008	RE	1	E	1
01-23-2008	RE	4	E	4	04-07-2008	ASW	4	B	4
01-29-2008	NAF	1	A	1	04-16-2008	NAF	1	B	1
01-30-2008	RE	2	E	2	04-17-2008	RE	1	E	1
02-14-2008	NAF	8	B	8	04-28-2008	RE	1	E	1
02-23-2008	NAF	6	B	3	05-02-2008	NAF	4	B	4
02-26-2008	X	X	C	3	05-06-2008	RE	2	E	2
02-29-2008	RE	1	E	1	05-08-2008	NAF	1	C	1
03-01-2008	NAF	1	A	1	05-13-2008	RE	1	E	1
03-02-2008	RE	2	E	2	05-14-2008	ASW	3	B	3
03-15-2008	NAF	1	A	1	05-25-2008	ASW	2	C	2
03-17-2008	ASW	1	B	1					

5. Resultados

Tabla 5.50. Número promedio de días en los que se registran precipitaciones en Cartagena por meses, anual y porcentaje (%) según su tipo de escenario (A, B, C, D y E) distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	A	B	C	D	E	TOTAL	%
Enero	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4	2
Febrero	0.0	2.0	0.8	0.0	0.0	2.8	12
Marzo	0.0	0.0	1.2	0.0	0.6	1.8	8
Abril	0.0	0.4	2.0	0.0	1.8	4.2	18
Mayo	0.0	0.6	2.2	1.0	0.0	3.8	16
Junio	0.0	0.3	0.3	0.3	0.5	1.3	5
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Agosto	0.0	0.0	0.5	0.3	0.3	1.0	4
Septiembre	0.0	0.0	1.0	0.8	0.0	1.8	7
Octubre	0.0	1.0	0.3	0.8	0.5	2.5	11
Noviembre	0.0	1.3	0.8	0.0	0.0	2.0	8
Diciembre	0.0	0.5	1.5	0.0	0.3	2.3	9
Anual	0.0	6.0	10.9	3.0	3.9	23.8	100
%	0	25	46	13	16	100	

Tabla 5.51. Cantidad promedio de precipitación (mm) en días con deposición húmeda en Cartagena por meses, anual y porcentaje según su tipo de escenario (A, B, C, D y E) y distribuidos durante el periodo de estudio desde enero de 2004 a mayo de 2008.

	A	B	C	D	E	TOTAL	%
Enero	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.7	1
Febrero	0.0	7.0	0.7	0.0	0.0	7.7	7
Marzo	0.0	0.0	1.4	0.0	3.5	4.9	5
Abril	0.0	0.9	21.2	0.0	10.2	32.3	30
Mayo	0.0	0.4	10.6	0.6	0.0	11.6	11
Junio	0.0	0.0	0.7	0.0	0.3	1.0	1
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Agosto	0.0	0.0	0.6	0.2	0.1	0.8	1
Septiembre	0.0	0.0	5.0	1.0	0.0	6.0	6
Octubre	0.0	6.4	0.4	0.4	0.1	7.3	7
Noviembre	0.0	19.4	1.0	0.0	0.0	20.3	19
Diciembre	0.0	0.3	4.7	0.0	8.5	13.5	13
Anual	0.0	34.3	46.9	2.2	22.7	106.1	100
%	0	32	44	2	21	100	

5.4.2.2. Escenarios de intrusión y PM_{10} en Cartagena

Ya se ha visto la importancia de mantener una buena equivalencia entre las medidas de concentración de PM_{10} obtenidas por equipos de medida en tiempo real y por el método gravimétrico. Puesto que el método de referencia para la determinación de los niveles de inmisión de PM_{10} según la norma UNE-EN 12341:1999 es gravimétrico, se va a estudiar en esta sección cómo fluctúan las concentraciones gravimétricas de PM_{10} de las estaciones de Bastarreche, Santa Ana y Mompeán cuando hay intrusión y bajo qué escenarios se produce. Ya que de estos enclaves Mompeán cuenta también con concentraciones en continuo, se repite el mismo estudio en su caso.

5.4.2.2.1. PM_{10} gravimétrico en Bastarreche, Santa Ana y Mompeán

La Tabla 5.52 muestra las concentraciones medias mensuales de PM_{10} en el punto de muestreo de Bastarreche para cada uno de los cinco escenarios de intrusión propuestos, también recoge los valores medios anuales para cada escenario de los días que superan el valor de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y la media del número de días al año en los que se supera ese valor. Los meses que se dispone de registros son 19, entre enero de 2004 a julio de 2005, los detalles del muestreo se recogen en la Tabla 4.1. Los huecos significan que el escenario no aparece en ese mes. Los valores están redondeados a la unidad. De igual manera, las concentraciones de PM_{10} del método gravimétrico en Santa Ana por escenario se ofrecen en la Tabla 5.53. Los meses que se dispone de registros son 15; pero como se indica en la Tabla 4.1, la cadencia de muestreo de PM_{10} es de dos días por semana, por lo que las probabilidades de recoger material particulado en esta estación de muestreo durante una intrusión se reducen al compararla con las otras dos estaciones con medidas gravimétricas. Las concentraciones de PM_{10} del método

5. Resultados

gravimétrico por escenario en Mompeán se recogen en la Tabla 5.54. Los meses que se dispone de registros son 35.

Tabla 5.52. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$, número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y porcentaje del promedio de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ respecto del promedio de días por escenario en Bastarreche según el tipo de escenario (Tipo A, B, C, D y E). Hay datos disponibles en Bastarreche por el metodo gravimétrico desde enero de 2004 a julio de 2005.

Escenario	Bastarreche $\mu gPM_{10}/m^3$				
	A	B	C	D	E
Enero	81				55
Febrero	47	43	34		
Marzo	55	39	52		56
Abril		25	28	33	
Mayo	29	26	25	36	33
Junio		35	41	35	39
Julio			48	45	52
Agosto		39		35	
Septiembre			54	54	
Octubre		92		54	
Noviembre		50			
Diciembre		35	37		23
Anual	53	43	40	42	43
Valor medio en días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	63	68	60	57	58
Media anual de los días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	3	3	4	20	4
% días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ respecto al total de días del escenario	60	24	18	32	36

5. Resultados

Tabla 5.53. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$, número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y porcentaje del promedio de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ respecto del promedio de días por escenario en Santa Ana según el tipo de escenario (Tipo A, B, C, D y E). Hay datos disponibles en Santa Ana por el método gravimétrico desde enero de 2004 a marzo de 2005.

Escenario	Santa Ana $\mu gPM_{10}/m^3$				
	A	B	C	D	E
Enero					41
Febrero					
Marzo					70
Abril			38		
Mayo			32		
Junio		36			
Julio				61	45
Agosto		74		54	
Septiembre				79	
Octubre				98	
Noviembre					
Diciembre		26	21		
Anual		45	30	73	52
Valor medio en días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$		74		82	63
Media anual de los días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$		1	0	9	2
% días con $PM_{10} > 50$ $\mu gPM_{10}/m^3$ respecto al total de días del escenario		25	0	56	57

5. Resultados

Tabla 5.54. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$, número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y porcentaje del promedio de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ respecto del promedio de días por escenario en Mompeán según el tipo de escenario (Tipo A, B, C, D y E). Hay datos disponibles en Mompeán por el método gravimétrico desde julio de 2005 a mayo de 2008.

Escenario	Mompeán $\mu gPM_{10}/m^3$				
	A	B	C	D	E
Enero	35		48		48
Febrero	35	42	41		62
Marzo	33	41	39		35
Abril		30	36	31	31
Mayo		30	34	30	36
Junio		36	46	42	44
Julio		30		40	37
Agosto		48	41	34	32
Septiembre		29	32	31	34
Octubre	53	34	34	35	36
Noviembre	42	40	38	34	
Diciembre	38	55	24		37
Anual	39	38	37	35	39
Valor medio en días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	59	85	57	56	61
Media anual de los días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	2	2	4	2	6
% días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ respecto al total de días del escenario	26	6	12	7	16

5.4.2.2.2. PM_{10} en tiempo real en Mompeán

Los niveles de PM_{10} obtenidos mediante medidas en tiempo real en Mompeán según el tipo de escenario de intrusión se ofrecen en la Tabla 5.55. Los meses que se dispone de registros son 29. Los detalles del muestreo se encuentran en la Tabla 4.2. Los huecos significan que el escenario no aparece en ese mes desde enero de 2006 a mayo de 2008. Los valores están redondeados a la unidad.

5. Resultados

Tabla 5.55. Concentración media mensual de PM_{10} , concentración media de PM_{10} en días con más de $50 \mu gPM_{10}/m^3$, número medio anual de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y porcentaje del promedio de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ respecto del promedio de días por escenario en Mompeán según el tipo de escenario (Tipo A, B, C, D y E). Hay datos disponibles en Mompeán por medidas en tiempo real desde enero de 2006 a mayo de 2008.

	Mompeán $\mu gPM_{10}/m^3$				
Escenario	A	B	C	D	E
Enero	60		52		63
Febrero	56	44	49		87
Marzo	49	56	43		50
Abril		38	42	35	37
Mayo		45	42	45	47
Junio		35	52	57	49
Julio		44		40	47
Agosto		78	56	61	54
Septiembre		67	50	59	51
Octubre	51	42	55	64	39
Noviembre	53	64	50		
Diciembre	35	102	30		53
Anual	51	56	47	51	53
Valor medio en días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	59	71	64	68	65
Media anual de los días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	5	12	15	12	14
% días con $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ respecto al total de días del escenario	54	39	36	39	35

5.4.3. Estimación de la carga de polvo africano en PM_{10}

Siguiendo la metodología empírica de cuantificación de la intrusión africana propuesta en el apartado “4.4.2. Procedimiento de cuantificación de la carga neta de polvo africano sobre los niveles de PM_{10} ”, se presentan aquí los resultados de la sustracción de esa contribución sobre los valores gravimétricos de PM_{10} de las estaciones de Cartagena de Bastarreche, Santa Ana y Mompeán. Para aplicar esta metodología se ha generado una base de datos en Excel que incluye como columnas los valores diarios de las estaciones de fondo regional, se definen los días con intrusión en cada una de ellas, y se calcula el percentil 30 móvil mensual centrado en el día en

5. Resultados

cuestión, sin tener en cuenta para su cálculo los días con intrusión. El valor obtenido para cada día sería el fondo regional, por lo que al sustraer este fondo regional de la concentración de partículas en el día de intrusión se obtiene la contribución de la intrusión a la masa, en ese día, en la estación de referencia regional. Así se ha obtenido una contribución de polvo africano neta a los niveles de PM_{10} en aire ambiente registrados para cada uno de los 562 días con intrusión en el periodo de estudio que abarca esta memoria. Este es el valor que se sustrae a los datos de Cartagena; se obtiene así para los datos de Cartagena una nueva columna en la que aparecen los valores corregidos para los días con intrusión. Como se ha explicado en el apartado 4.4.2., puede haber días en los que la metodología descrita no aporte una solución satisfactoria, para esos días se han aplicado, de modo individual, los criterios descritos en material y métodos.

La Tabla 5.56 recoge la descripción de los valores de PM_{10} respecto del cumplimiento de los valores anuales y de las superaciones al valor límite diario considerando las intrusiones. Se tienen en cuenta las intrusiones tanto exclusivamente por su aparición, como por la carga que aportan según la metodología empírica descrita en el apartado 4.4.2.

Por otra parte y como también se dice en el apartado 4.4.2., hay veces en que la metodología empírica experimenta alteraciones en su aplicación. La Tabla 5.57 presenta la clasificiación de los días con intrusión en Cartagena según se utilice la referencia de las estaciones de fondo regional de los sectores Sureste y Levante o se siga otro procedimiento.

5. Resultados

Tabla 5.56. Efecto de la intrusión en el cumplimiento de los umbrales normativos de PM_{10} en Bastarache (B), Santa Ana (S.A.) y Mompeán (M) según año y correspondiente periodo completo por estación de muestreo entre el 1 de enero de 2004 y el 31 de mayo de 2008. Se señalan en negrita aquellos valores que superarían los límites legales, aplicables desde 2005, sin descontar los aportes de intrusión africana y considerando los aportes por la metodología empírica del apartado 4.4.2.

a) Concentraciones medias por año (2008 hasta el 31 de mayo).

Parámetro, $\mu gPM_{10}/m^3$	Estac.	2004	2005	2006	2007	2008
Media	B	39	38			
	S.A.	47	36			
	M		29	34	34	31
Media sustraído el aporte natural	B	34	33			
	S.A.	41	35			
	M		26	30	29	28
Media - Media sustraído el aporte natural	B	5	5			
	S.A.	6	1			
	M		3	4	5	3
Media sin días de intrusión	B	37	37			
	S.A.	42	36			
	M		28	31	32	29
Media - Media sin días de intrusión	B	2	1			
	S.A.	5	0			
	M		1	2	2	2

5. Resultados

b) Número de días por año (2008 hasta el 31 de mayo).

Parámetro, días	Estac.	2004	2005	2006	2007	2008
Nº días superación $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	B	74	33			
	S.A.	27	2			
	M		4	33	29	12
Nº días intrusión	B	113	60			
	S.A.	22	1			
	M		35	139	166	49
Nº días intrusión y $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	B	36	10			
	S.A.	13	0			
	M		1	18	17	8
Nº días intrusión y $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ tras sustraer polvo	B	4	0			
	S.A.	17	2			
	M		0	5	4	0
Nº días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ sin intrusión	B	38	23			
	S.A.	14	2			
	M		3	15	12	4
Nº días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ sin intrusión más nº días intrusión y $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ tras sustraer polvo	B	42	23			
	S.A.	31	4			
	M		3	20	16	4

c) Concentraciones para el periodo de muestreo de cada estación. (A) del 1 de enero de 2004 al 25 de julio de 2005. (B) del 16 de enero de 2004 al 2 de marzo de 2005. (C) del 26 de julio de 2005 al 31 de marzo de 2008.

Parámetro, $\mu g/m^3$	Estac.	A	B	C
Media	B	39		
	S.A.		45	
	M			33
Media sustraído el aporte natural	B	34		
	S.A.		40	
	M			29
Media - Media sustraído el aporte natural	B	5		
	S.A.		6	
	M			4
Media sin días de intrusión	B	37		
	S.A.		41	
	M			30
Media - Media sin días de intrusión	B	2		
	S.A.		5	
	M			2

5. Resultados

d) Número de días para el periodo de muestreo de cada estación. (A) del 1 de enero de 2004 al 25 de julio de 2005. (B) del 16 de enero de 2004 al 2 de marzo de 2005. (C) del 27 de julio de 2005 al 31 de marzo de 2008.

Parámetro, días	Estac.	A	B	C
Nº días superación $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	B	107		
	S.A.		29	
	M			78
Nº días intrusión	B	173		
	S.A.		23	
	M			389
Nº días intrusión y $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$	B	46		
	S.A.		13	
	M			44
Nº días intrusión y $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ tras sustraer polvo	B	4		
	S.A.		19	
	M			9
Nº días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ sin intrusión	B	61		
	S.A.		16	
	M			34
Nº días $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ sin intrusión más nº días intrusión y $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ tras sustraer polvo	B	65		
	S.A.		35	
	M			43

Tabla 5.57. Número de días con intrusión en Cartagena y porcentaje correspondiente respecto de los 562 días de intrusión en Cartagena (y por extensión en el conjunto de la Región de Murcia). % entre paréntesis.

a) Según la referencia de las estaciones de fondo regional de los sectores Sureste y Levante.

	Níjar	Víznar	Zarra
Intrusión simultánea con	432 (77%)	432 (77%)	364 65%
Estación de fondo regional de referencia considerada	321 (57%)	77 (14%)	50 (9%)

5. Resultados

b) Según las incidencias que surgen al procedimiento habitual de cuantificación de la intrusión en PM_{10} .

Asignado el percentil 30 medio móvil mensual del PM_{10} de Cartagena excluidos los días de intrusión debido a que los descuentos de las estaciones de fondo regional son superiores al PM_{10} en Cartagena	16 (3%)
Sólo se detecta la intrusión en Cartagena (en ninguna de las estaciones de fondo regional de referencia consideradas)	98 (17%)
Intrusión en las tres estaciones de fondo regional de referencia pero no en Cartagena	9
Tras sustraer el descuento de polvo de la correspondiente estación de fondo regional de referencia, los valores de PM_{10} son inferiores a $10 \mu gPM_{10}/m^3$	48

5.5. Contribución de fuentes a los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente

En este apartado se presentan los resultados para la primera campaña de muestreo en discontinuo de partículas, 2004-2005, de un ACP-RLM en las fracciones PM_{10} en Bastarreche y Santa Ana, y $PM_{2.5}$ sólo en Santa Ana. Posteriormente se presentan los resultados de la PMF para las dos campañas de muestreo 2004-2005 y 2006-2007 en cada una de las estaciones.

Ya que las tres estaciones de muestreo se hallan en la misma ciudad, se intentó aplicar la metodología de los estudios realizados en la ciudad de Chicago (Rizzo y Scheff, 2007), en el que los datos de diferentes estaciones son fundidos para crear una base de datos conjunta para toda la ciudad y aplicar sobre ella la PMF. Sin embargo, esta exploración inicial fue desestimada a consecuencia de las inconsistencias que se observaron en los perfiles de las fuentes.

Los resultados presentados para todas las fracciones en cada campaña de muestreo han sido considerados según se ha explicado en el apartado “4.5.2.2. Factorización matricial por positivación (*Positive Matrix Factorization*, PMF)”, extrayendo aquellos

5. Resultados

factores que presentan autovalores mayores a la unidad. Aún así se ha comprobado el significado físico del incremento y descenso en el número de factores. Finalmente, la distribución de factores por las estaciones del año y días de la semana sustenta la asociación entre factores y orígenes (Figuras 5.50 a 5.58).

5.5.1. Análisis de componentes principales con regresión lineal múltiple (ACP-RLM)

En este apartado se presentan los resultados de aplicar la metodología descrita en el apartado “4.5.2.1. Análisis de componentes principales y regresión lineal múltiple (ACP-RLM)”, a los datos experimentales de la campaña 2004-2005 en Bastarreche y Santa Ana.

a) Bastarreche PM_{10} .

Tras aplicar el análisis de componentes principales, se asume un resultado en el que aparecen seis factores que se consolidan explicando el 86% de la varianza del conjunto de muestras. En la Tabla 5.58 se recogen las cargas factoriales más importantes en cada factor y la varianza que explica cada factor. En la Figura 5.36 se representa la contribución de los factores definidos en Bastarreche a la masa de PM_{10} en términos medios. La correlación entre los valores observados y predichos por el modelo se presenta en la Figura 5.37. La evolución temporal de las concentraciones atribuibles a las fuentes se presenta en la Figura 5.38. En la Figura 5.39a se presentan como diagrama de líneas las concentraciones de PM_{10} en Bastarreche y Santa Ana, y $PM_{2.5}$ en Santa Ana. La línea negra continua marca el valor límite diario de $50 \mu g PM_{10}/m^3$. Las cruces indican los días de intrusión de masas de aire africano.

5. Resultados

Si se toma como variable dependiente una especie química en lugar del PM_{10} se obtiene la contribución de las fuentes a ese especie, la Tabla 5.59 recoge estos resultados para la campaña 2004-2005 en Bastarreche. El porcentaje que se explica oscila entre el 77 y 111% de la concentración de las especies. Como en el caso del modelo planteado para estimar la masa de PM_{10} por factores, ahora también se utiliza como factor marino la fracción marina determinada empíricamente (ver apartado “4.2.1.2.2.4. Determinaciones indirectas y nomenclatura de las variables”). En los casos en que el modelo predice una concentración negativa de una fuente, se consideran nulos tales aportes.

La Figura 5.39b muestra como diagrama de líneas la concentración diaria de PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$), $PM_{2.5}$ ($\mu gPM_{2.5}/m^3$) y ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ en Mompeán desde el 6 de noviembre de 2006 hasta el 17 de octubre de 2007. La cruz señala aquellas fechas cuando hay intrusión y la barra desde la cruz (“DUST”) hasta el valor de concentración de PM_{10} muestra la diferencia al valor límite diario ($50 \mu gPM_{10}/m^3$). Si la barra es verde, no hay superación del valor límite diario; si es roja, sí se produce superación del valor límite diario. La Figura 5.40 muestra la evolución temporal de las fuentes definidas en PM_{10} para las especies Ca, Mg, SO_4^{2-} , Zn, V y Pb en la estación de muestreo de Bastarreche para la campaña 2004-2005.

5. Resultados

Tabla 5.58. Resultados del análisis de componentes principales aplicado a la composición química de PM₁₀ en Bastarrece en la campaña de muestreo 2004-2005. No se incluyen los componentes con carga factorial entre 0.25 y -0.25. Los componentes con carga factorial > 0.50 se destacan en negrita. Debajo de cada factor aparece el nombre de la fuente a la que se asocia el factor. “% Var.” indica el porcentaje de la varianza de las muestras que explica ese factor y “Zn” la fábrica local de producción de zinc electrolítico. En su conjunto, los seis factores que se presentan acumulan el 86% del total de la varianza de las muestras.

Factor 1 Mineral	Factor 2 Tráfico	Factor 3 Secundario	Factor 4 Zn	Factor 5 Marino	Factor 6 Astillero
Rb 0.95	Sn 0.92	NH ₄ ⁺ 0.94	Cd 0.95	Cl ⁻ 0.95	Cr 0.76
Mg 0.92	Sb 0.92	SO ₄ ²⁻ 0.85	Zn 0.86	Na 0.81	Ni 0.67
Al ₂ O ₃ 0.91	OM+EC 0.87	V 0.57	Pb 0.84	Mg 0.34	Co 0.4
Ti 0.91	Cu 0.67	NO ₃ ⁻ 0.5	Mn 0.72		V 0.34
K 0.89	As 0.63	Ni 0.4	Cu 0.66		NO ₃ ⁻ 0.25
Sr 0.88	NO ₃ ⁻ 0.61		Fe 0.45		P -0.29
Fe 0.81	P 0.54		As 0.34		
Co 0.8	Pb 0.39		OM+EC 0.32		
Ca 0.75	Ca 0.39				
Mn 0.63	Ba 0.32				
P 0.61	Zn 0.27				
Ba 0.61	Na -0.36				
V 0.58					
Ni 0.53					
SO ₄ ²⁻ 0.37					
As 0.3					
Na 0.25					
% Var. = 40	% Var. = 21	% Var. = 8	% Var. = 7	% Var. = 5	% Var. = 5

5. Resultados

Figura 5.36. Contribución de fuentes por la técnica ACP-RLM a los niveles de PM_{10} en la estación de muestreo de Bastarreche para la campaña 2004-2005. Se indican los valores en porcentaje y absolutos. “Indet.” significa la fracción que el modelo planteado no asigna a ninguna fuente y “Zn” la fábrica local de producción de zinc electrolítico. La fuente marina no es la atribuida por el modelo sino la empírica debido a problemas metodológicos. Los porcentajes están redondeados a la unidad y la concentración a la décima.

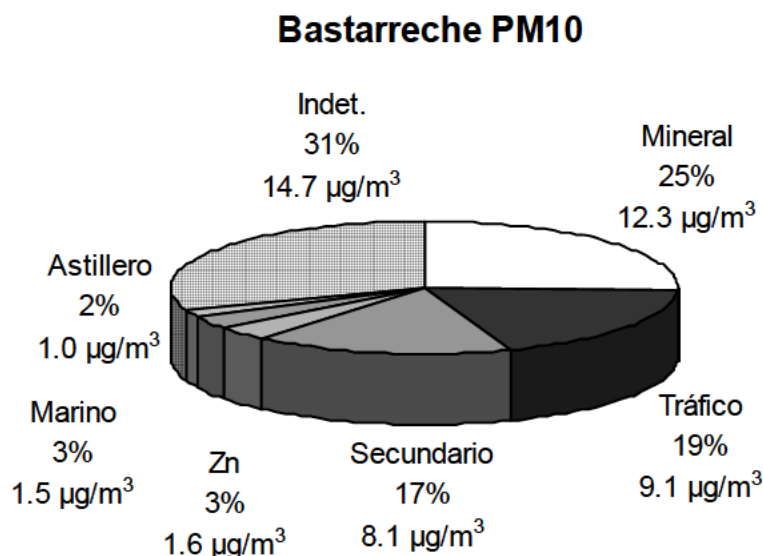
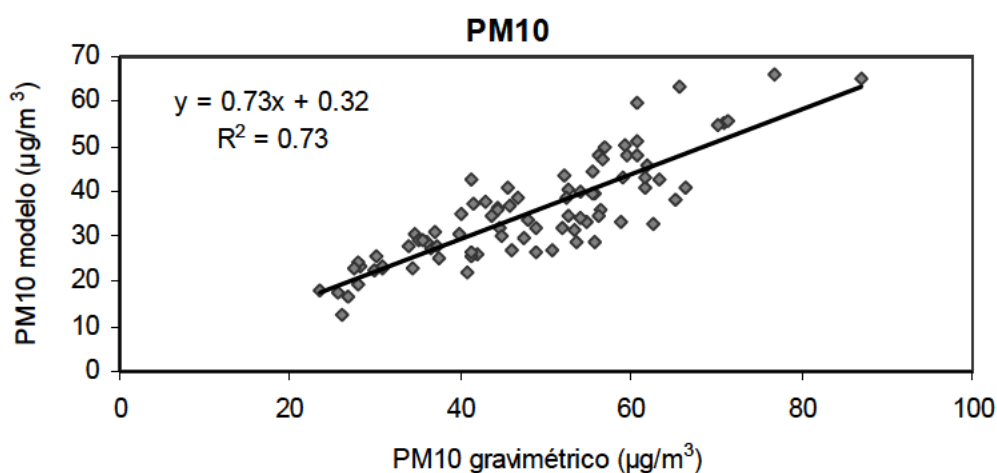
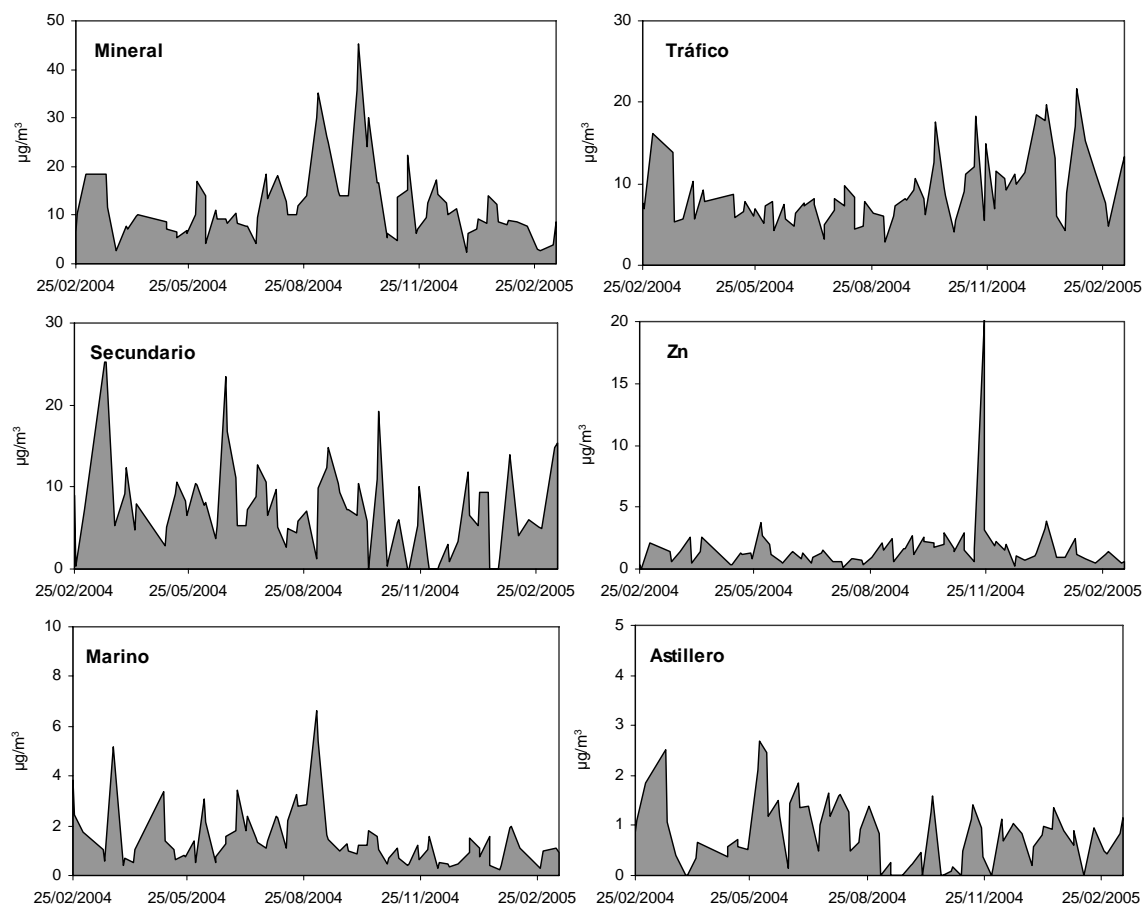


Figura 5.37. Correlación de los valores de PM_{10} determinados gravimétricamente con los valores de PM_{10} predichos por el modelo de receptor con la técnica ACP-RLM en la estación de muestreo de Bastarreche para la campaña 2004-2005.



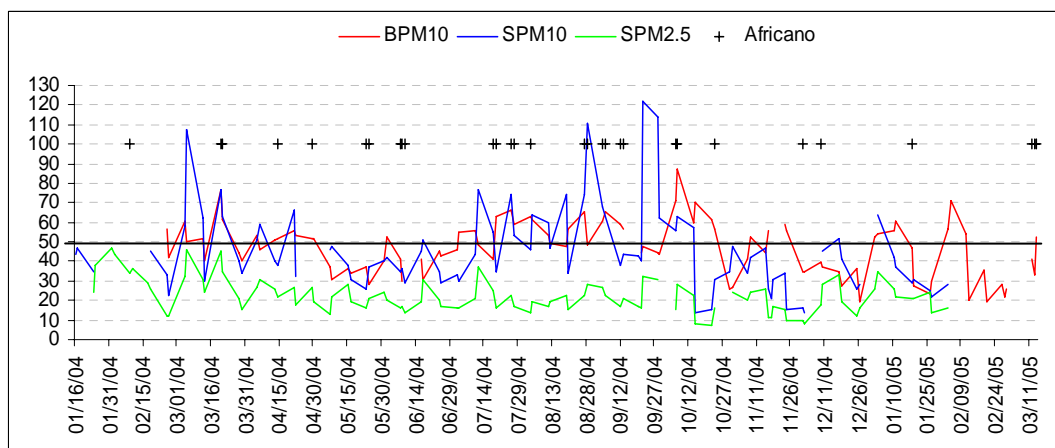
5. Resultados

Figura 5.38. Evolución temporal de las concentraciones atribuibles a las fuentes definidas en PM_{10} en la estación de muestreo de Bastarreche para la campaña 2004-2005. “Zn” indica la fábrica local de producción de zinc electrolítico. En este caso la representación del factor marino se corresponde con el cálculo del modelo.

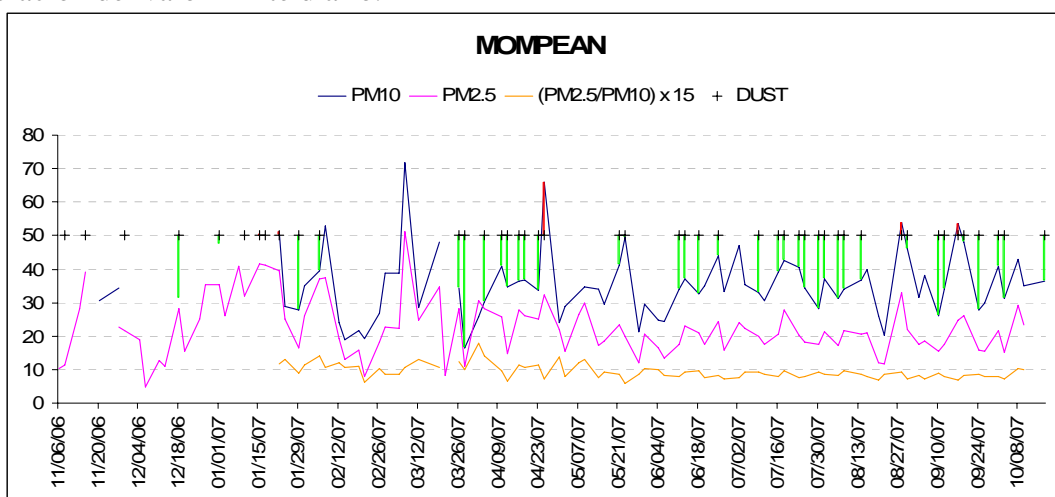


5. Resultados

Figura 5.39. a) Evolución de la concentración diaria durante la primera campaña de muestreo en discontinuo, 2004-2005, para el PM_{10} en Basterreche (BPM10) y Santa Ana (SPM10) y para el $PM_{2.5}$ en Santa Ana (SPM2.5). El eje de ordenadas presenta la concentración gravimétrica de cada fracción en $\mu gPM/m^3$; el eje de abscisas presenta las fechas en formato mes/día/año (MM/DD/AA). La cruz señala aquellas fechas cuando hay intrusión y la línea negra continua marca la frontera para el PM_{10} del valor límite diario ($50 \mu gPM_{10}/m^3$).



b) Concentración diaria de PM_{10} ($\mu gPM_{10}/m^3$), $PM_{2.5}$ ($\mu gPM_{2.5}/m^3$) y ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ en Mompeán desde el 6 de noviembre de 2006 hasta el 17 de octubre de 2007. La ratio se multiplica por 15 para mostrarla más claramente. El eje de ordenadas presenta la concentración gravimétrica de cada fracción en $\mu gPM/m^3$; el eje de abscisas presenta las fechas en formato mes/día/año (MM/DD/AA). La cruz señala aquellas fechas cuando hay intrusión y la barra desde la cruz ("DUST") hasta el valor de concentración de PM_{10} muestra la diferencia al valor límite diario ($50 \mu gPM_{10}/m^3$). Si la barra es verde, no hay superación del valor límite diario, si es roja sí se produce superación del valor límite diario.



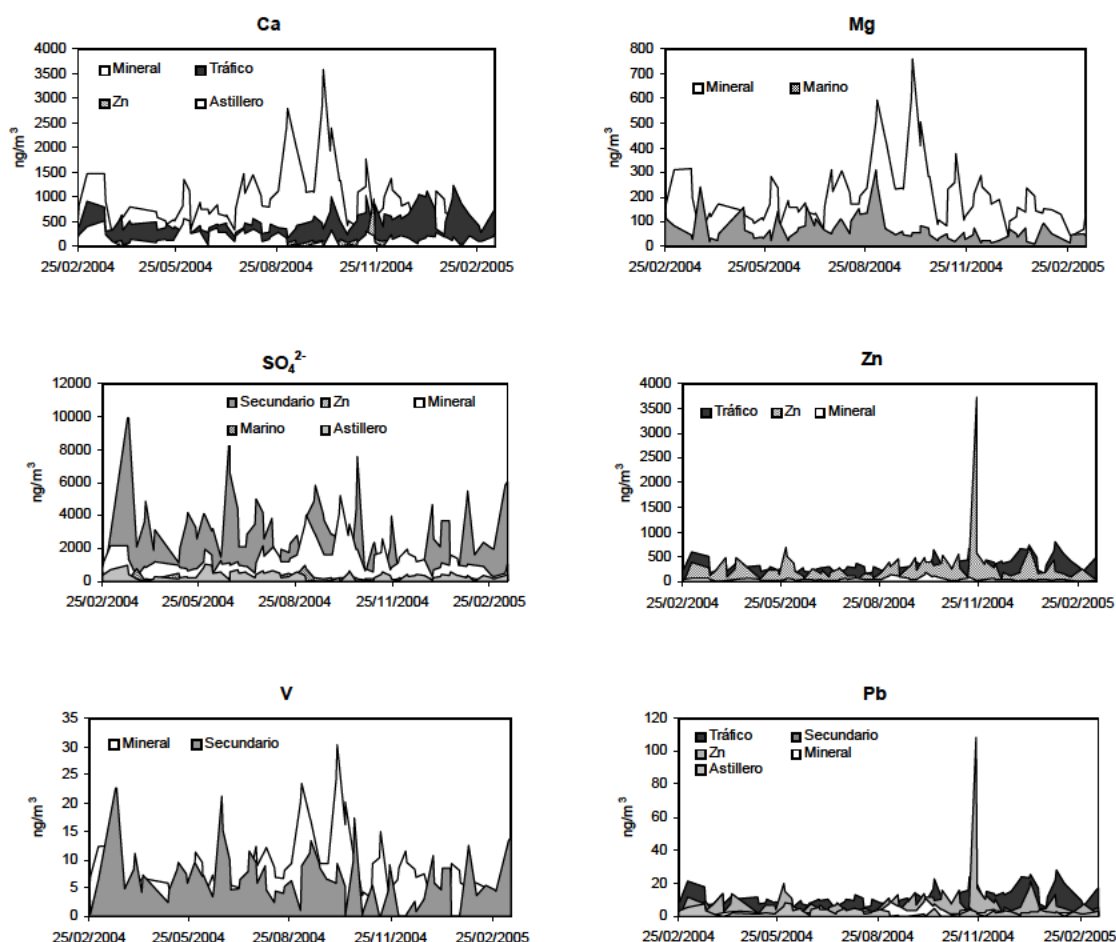
5. Resultados

Tabla 5.59. Contribución porcentual de cada una de las fuentes definidas en PM_{10} en la estación de muestreo de Bastarreche para la campaña 2004-2005. Los aportes negativos que estima el modelo para una fuente se consideran nulos. “% Det.” es la suma total de las fuentes y “Zn” la fábrica local de producción de zinc electrolítico. Los valores están redondeados a la unidad.

%	Mineral	Tráfico	Secundario	Zn	Marino	Astillero	% Det.
OM+EC	6	82		10			98
Al_2O_3	92		11				104
Ca	51	31		5		11	97
Fe	60	22	4	16			101
K	64	24	9	5			102
Na	13		5		71	9	99
Mg	68		4	3	23		99
SO_4^{2-}	29		59	2	7	9	106
NO_3^-		71	30	5			105
Cl^-		20		3	79		102
NH_4^+	11		94	2			107
P	34	41	10			21	105
Ti	88		12	3			103
V	49		43				92
Cr	45	20	10	2			77
Mn	51	18		31			100
Co	67	5	14	3	3		93
Ni	48	4	32				85
Cu	8	65		24			96
Zn	6	45		42			93
As	28	57	7	9			100
Rb	90		11				102
Sr	56	13	6	2	6	18	100
Cd				85		26	111
Sn	3	84	3	7			97
Sb	8	86		6			100
Pb	10	42	8	37		10	107

5. Resultados

Figura 5.40. Evolución temporal de las fuentes definidas en PM₁₀ para las especies Ca, Mg, SO₄²⁻, Zn, V y Pb en la estación de muestreo de Bastarreche para la campaña 2004-2005. “Zn” indica la fuente de la fábrica local de producción de zinc electrolítico.



b) Santa Ana PM₁₀.

Se asume un resultado en el que aparecen cinco factores que se consolidan explicando el 84% de la varianza del conjunto de muestras. En la Tabla 5.60 se recogen las cargas factoriales más importantes en cada factor y el porcentaje de la varianza que explica cada uno.

En la Figura 5.41 se representa la contribución de los factores definidos en Santa Ana a la masa de PM₁₀ en términos medios. La correlación entre los valores observados

5. Resultados

y predichos por el modelo se presenta en la Figura 5.42. La evolución temporal de las fuentes se presenta en la Figura 5.43.

Tabla 5.60. Resultados del análisis de componentes principales aplicado a la composición química de PM_{10} en Santa Ana en la campaña de muestreo 2004-2005. No se incluyen los componentes con carga factorial entre 0.25 y -0.25. Los componentes con carga factorial > 0.50 se destacan en negrita. Debajo de cada factor aparece el nombre de la fuente a la que se asocia el factor. “% Var.” indica el porcentaje de la varianza de las muestras que explica ese factor. “Ind.-Cartagena” indica el factor industrial de Cartagena. En su conjunto, los cinco factores que se presentan acumulan el 84% del total de la varianza de las muestras.

Factor 1 Mineral		Factor 2 Secundario		Factor 3 Marino		Factor 4 Ind.-Cartagena		Factor 5 Tráfico	
Rb	0.96	NH₄⁺	0.85	Cl⁻	0.91	Ba	0.80	OM+EC	0.83
Fe	0.96	NO₃⁻	0.57	Na	0.89	Ni	0.73	Sb	0.71
Mn	0.96	SO ₄ ²⁻	0.41	Mg	0.35	SO₄²⁻	0.70	Zn	0.61
Al₂O₃	0.96	V	0.36	SO ₄ ²⁻	0.25	Pb	0.63	NO ₃ ⁻	0.43
Ti	0.96	Sb	0.32			V	0.56	As	0.42
K	0.93	Cr	0.26			Zn	0.48	Ca	0.38
Mg	0.89	Ca	-0.40			NO ₃ ⁻	0.33	P	0.37
Sr	0.88					As	0.31	Pb	0.32
P	0.79					Sr	0.29	NH ₄ ⁺	0.27
Cr	0.78					Ca	0.27		
As	0.74					Mg	0.25		
Ca	0.68								
V	0.57								
Ni	0.48								
NO ₃ ⁻	0.38								
SO ₄ ²⁻	0.34								
Ba	0.28								
% Var. = 53		% Var. = 12		% Var. = 9		% Var. = 5		% Var. = 4	

5. Resultados

Figura 5.41. Contribución de fuentes por la técnica ACP-RLM a los niveles de PM_{10} en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005. Se indican los valores en porcentaje y absolutos. “Indet.” significa la fracción que no asigna a ninguna fuente el modelo planteado. La fuente marina no es la atribuida por el modelo sino la empírica debido a problemas metodológicos. Los porcentajes están redondeados a la unidad y la concentración a la décima.

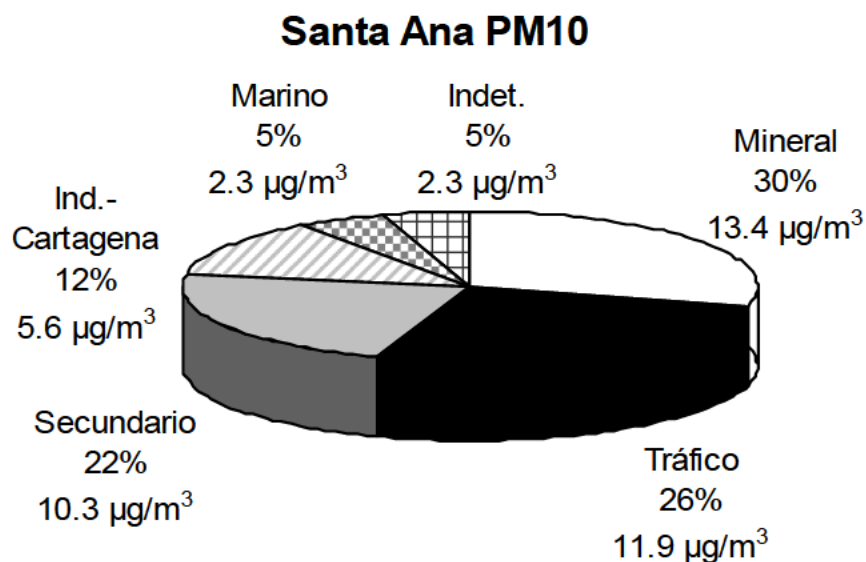
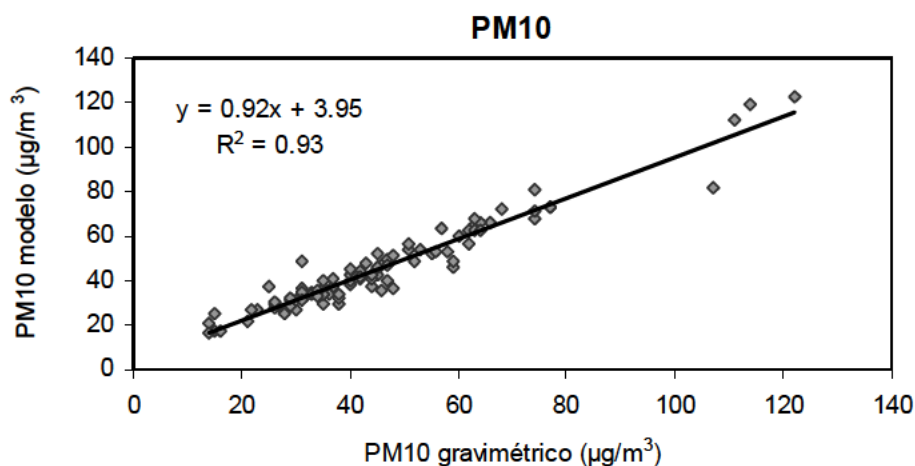
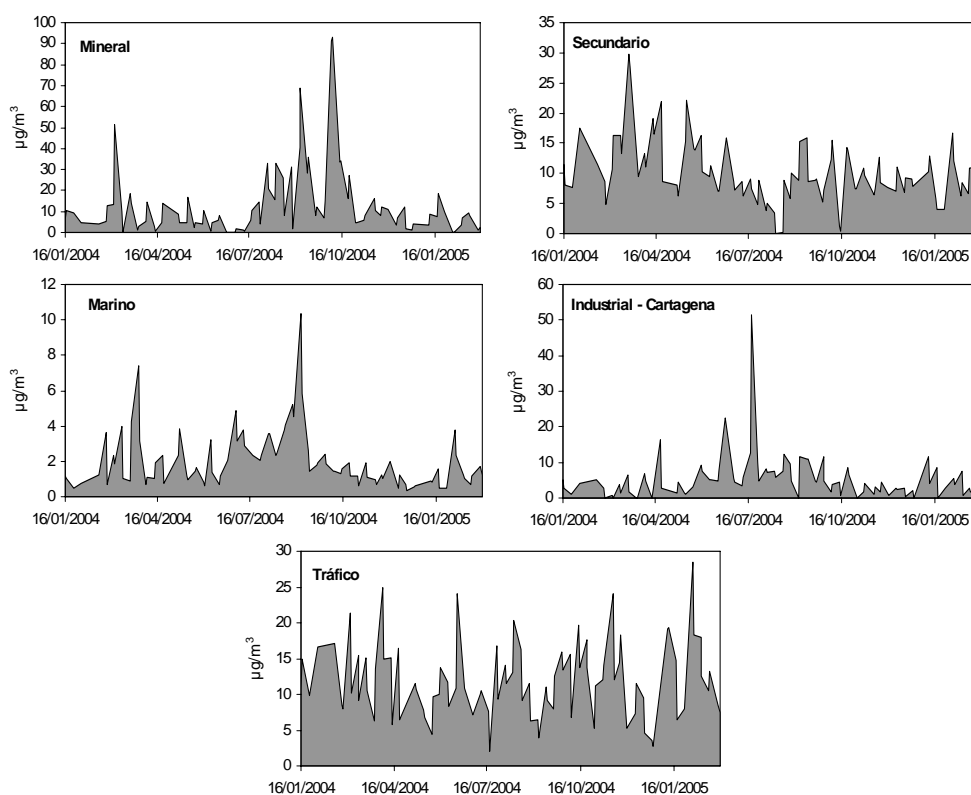


Figura 5.42. Correlación de los valores de PM_{10} determinados gravimétricamente con los valores de PM_{10} predichos por el modelo de receptor con la técnica ACP-RLM en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005.



5. Resultados

Figura 5.43. Evolución temporal de las fuentes definidas en PM_{10} en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005. En este caso la representación del factor marino se corresponde con el cálculo del modelo.



Como antes en Bastarrece, ahora en Santa Ana se presentan las contribuciones de las fuentes a cada especie en la Tabla 5.61 para la campaña 2004-2005. El porcentaje que se explica oscila entre el 96 y 111% de la concentración de las especies. También se utiliza como factor marino la fracción marina determinada químicamente. En los casos en que el modelo predice una concentración negativa de una fuente, se consideran nulos tales aportes. En la Figura 5.44 se representa la contribución temporal de las fuentes para Ca, SO_4^{2-} , NO_3^- , V, Sr y Pb.

5. Resultados

Tabla 5.61. Contribución porcentual de cada una de las fuentes definidas en PM_{10} en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005. Los aportes negativos que estima el modelo para una fuente se consideran nulos. “% Det.” es la suma total de las fuentes. Los valores están redondeados a la unidad.

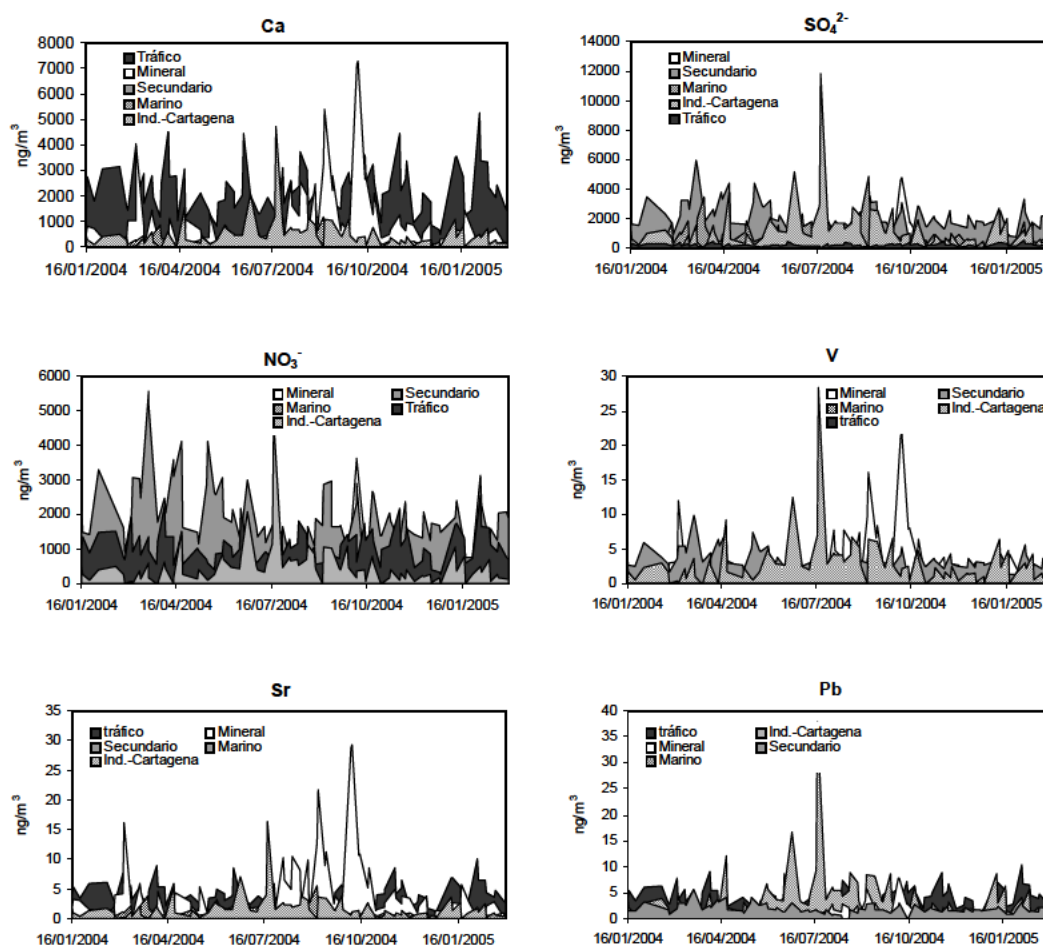
%	Mineral	Secundario	Marino	Ind.- Cartagena	Tráfico	% Det.
OM+EC		13			83	96
Al_2O_3	77	4	6	18		106
Ca	26		6	13	55	101
Fe	79	10		17		106
K	56	7	8	14	19	104
Na	3		94	7		104
Mg	47		34	15	8	104
SO_4^{2-}	14	42	19	27	4	106
NO_3^-	14	53		14	29	111
Cl^-		17	74		5	96
NH_4^+		92		9	7	108
P	39			7	58	104
Ti	74	14		16		104
V	36	39		35		110
Cr	45	42	8	10		105
Mn	70	3	4	17	10	105
Ni	33		20	48	9	110
Zn	8			20	78	106
As	32	7		13	52	104
Rb	72	13	3	17		105
Sr	38		10	16	38	102
Sb	8	17		5	73	102
Ba	21			85		106
Pb	10	18		38	39	105

c) Santa Ana $PM_{2.5}$.

Se asume un resultado en el que aparecen cinco factores que se consolidan explicando el 76% de la varianza del conjunto de muestras. Las fuentes mineral, tráfico, marino e industrial de Cartagena son comunes a las que aparecen en la fracción de PM_{10} en Santa Ana y la fuente de la fábrica local de producción de zinc electrolítico es común con las de Bastarreche en PM_{10} . En la Tabla 5.62 se recogen las cargas factoriales más importantes en cada factor y la varianza que explica cada factor.

5. Resultados

Figura 5.44. Evolución temporal de las fuentes definidas en PM_{10} para las especies Ca, SO_4^{2-} , NO_3^- , V, Sr y Pb en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005.



En la Figura 5.45 se representa la contribución de los factores definidos en Santa Ana a la masa de $PM_{2.5}$ en términos medios. La correlación entre los valores observados y predichos por el modelo para el $PM_{2.5}$ se presenta en la Figura 5.46. La Figura 5.47 muestra la evolución temporal de las concentraciones de $PM_{2.5}$ debidas a las fuentes. Las contribuciones de las fuentes a cada especie en el $PM_{2.5}$ en Santa Ana se presentan en la Tabla 5.63 para la campaña 2004-2005. El porcentaje que se explica oscila entre el 91 y 111% de la concentración de las especies. También se utiliza como factor marino la fracción marina determinada químicamente. En los casos en que el modelo predice

5. Resultados

una concentración negativa de una fuente, se consideran nulos tales aportes y para mantener la homogeneidad con el PM_{10} de Bastarreche y Santa Ana también se emplea el factor marino obtenido a través de las determinaciones químicas. En la Figura 5.48 se ve representada la contribución temporal de las fuentes para Ca, K, NO_3^- , Ni, Sb y Pb.

Tabla 5.62. Resultados del análisis de componentes principales aplicado a la composición química de $PM_{2.5}$ en Santa Ana en la campaña de muestreo 2004-2005. No se incluyen los componentes con carga factorial entre 0.25 y -0.25. Los componentes con carga factorial > 0.50 se destacan en negrita. Debajo de cada factor aparece el nombre de la fuente a la que se asocia el factor. “% Var.” indica el porcentaje de la varianza de las muestras que explica ese factor. “Ind.-Cartagena” indica el factor industrial de Cartagena y “Zn” la fábrica local de producción de zinc electrolítico. En su conjunto, los cinco factores que se presentan acumulan el 76% del total de la varianza de las muestras.

Factor 1 Mineral		Factor 2 Tráfico		Factor 3 Ind.-Cartagena		Factor 4 Marino		Factor 5 Zn	
Ti	0.95	OM+EC	0.88	SO_4^{2-}	0.84	Na	0.78	Zn	0.87
Fe	0.94	NO_3^-	0.83	V	0.81	Cl^-	0.56	Pb	0.34
Al_2O_3	0.94	Cl^-	0.62	Ni	0.71	Pb	0.38		
Mn	0.91	Sb	0.60	As	0.69	Ni	-0.25		
Rb	0.85	K	0.54	NH_4^+	0.67	OM+EC	-0.26		
K	0.71	Pb	0.43	Pb	0.46	Ca	-0.36		
Ca	0.64	As	0.37	NO_3^-	0.34				
Ni	0.41	NH_4^+	0.36	Mg	0.30				
Na	0.38	Mg	-0.54						
V	0.38								
Mg	0.37								
% Var. = 35		% Var. = 19		% Var. = 10		% Var. = 7		% Var. = 5	

5. Resultados

Figura 5.45. Contribución de fuentes por la técnica ACP-RLM a los niveles de $PM_{2.5}$ en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005. Se indican los valores en porcentaje y absolutos. “Indet.” significa la fracción que no asigna a ninguna fuente el modelo planteado y “Zn” la fábrica local de producción de zinc electrolítico. Los porcentajes están redondeados a la unidad y la concentración a la décima (excepto a la centésima en el caso de la fábrica local de producción de zinc electrolítico).

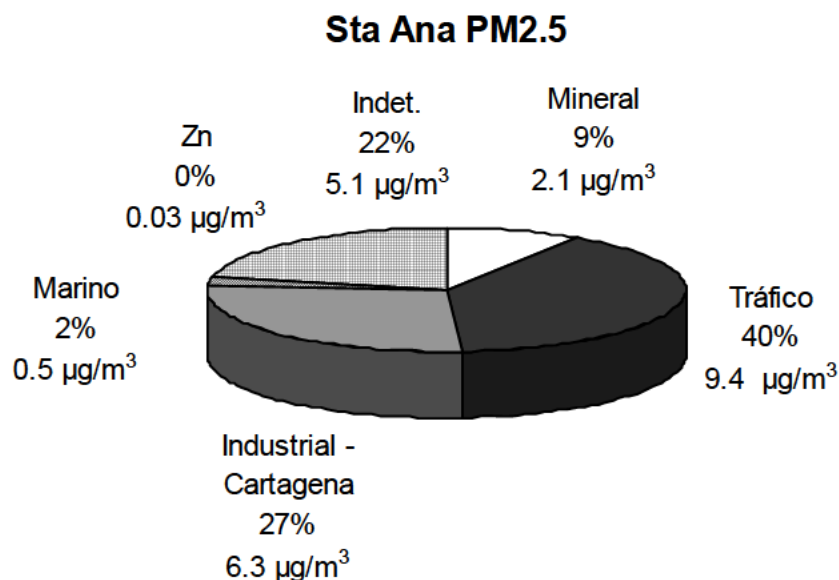
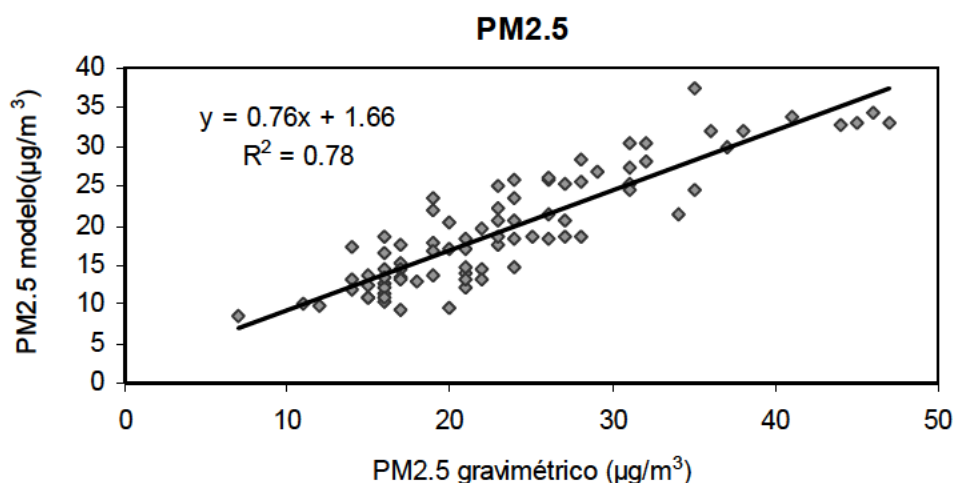
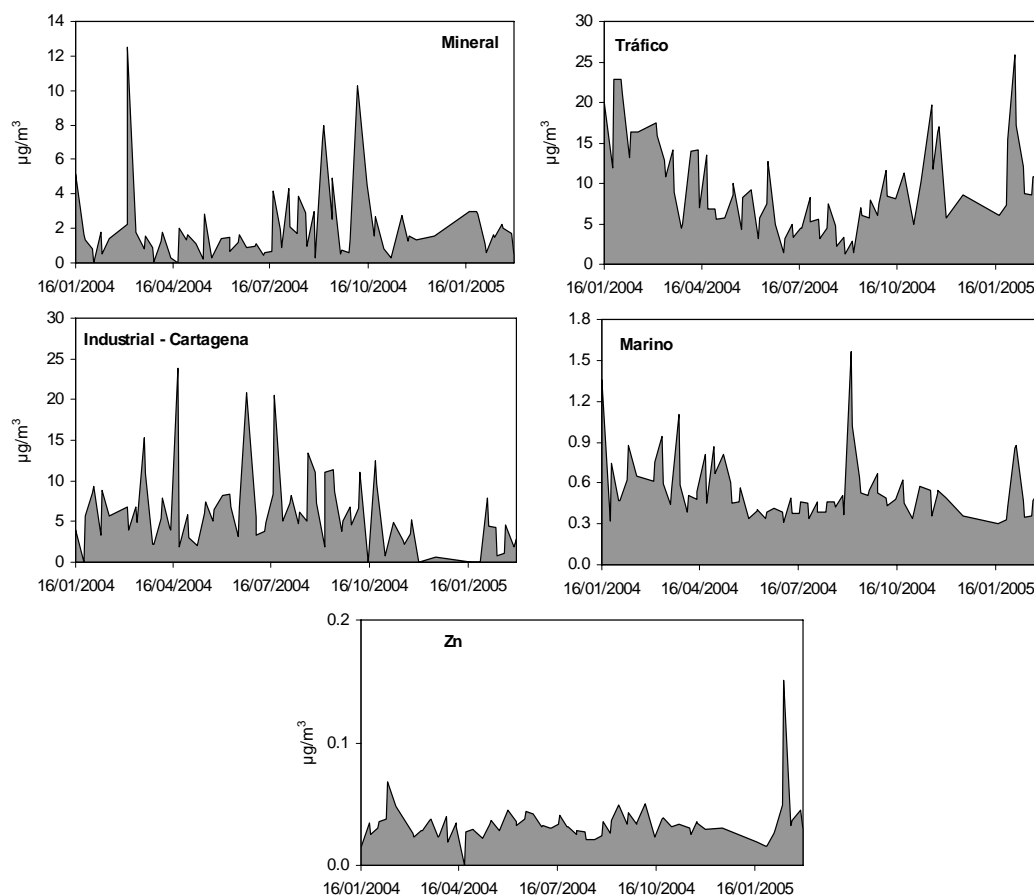


Figura 5.46. Correlación de los valores de $PM_{2.5}$ determinados gravimétricamente con los valores de $PM_{2.5}$ predichos por el modelo de receptor con la técnica ACP-RLM en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005.



5. Resultados

Figura 5.47. Evolución temporal de las fuentes definidas en $PM_{2.5}$ en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005. “Zn” indica la fuente de la fábrica local de producción de zinc electrolítico. En este caso la representación del factor marino se corresponde con el cálculo del modelo.



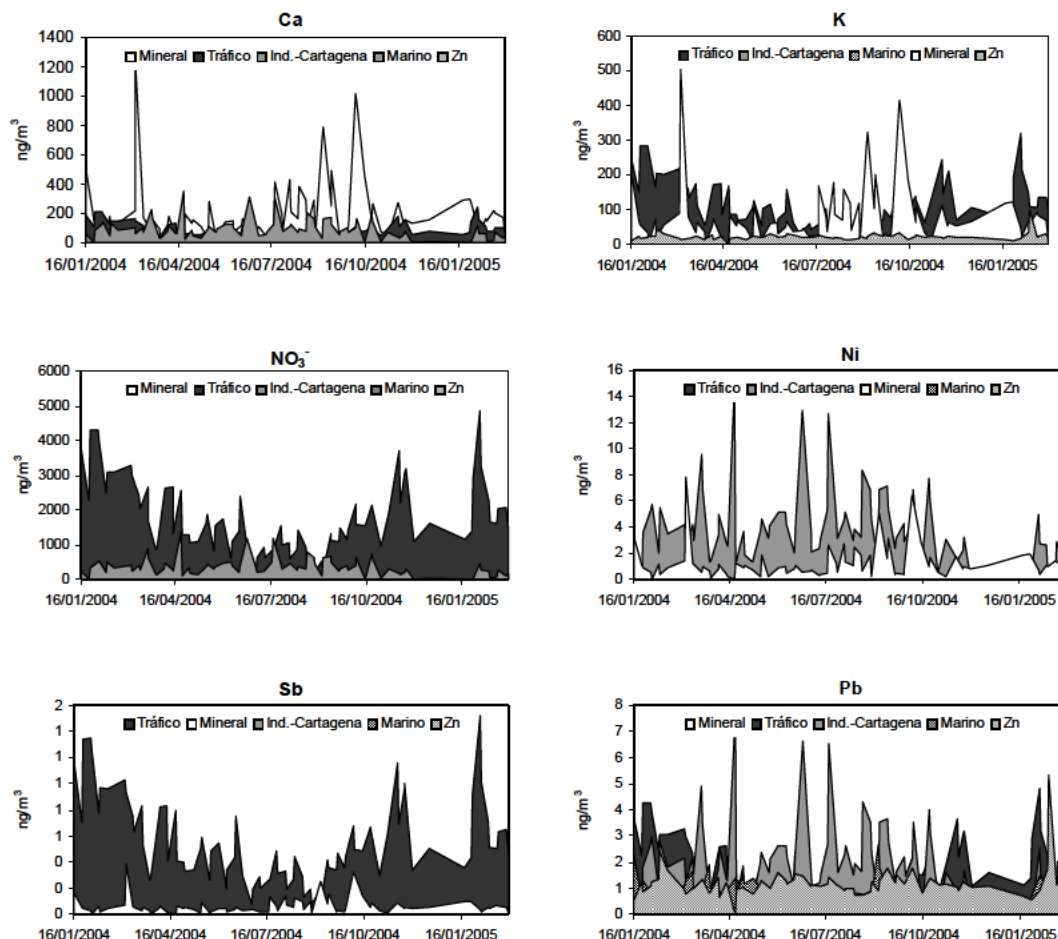
5. Resultados

Tabla 5.63. Contribución porcentual de cada una de las fuentes definidas en $PM_{2.5}$ en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005. Los aportes negativos que estima el modelo para una fuente se consideran nulos. “% Det.” es la suma total de las fuentes, “Ind.-Cartagena” el factor industrial de Cartagena y “Zn” la fábrica local de producción de zinc electrolítico. Los valores están redondeados a la unidad.

%	Mineral	Tráfico	Ind.- Cartagena	Marino	Zn	% Det.
OM+EC		85	6		7	98
Al ₂ O ₃	91		18			109
Ca	49	20	22			91
Fe	87		20			107
K	40	54			10	103
Na	9			95		104
Mg	22		45	29		95
SO ₄ ²⁻	5		66	18	15	104
NO ₃ ⁻		84	17			101
C ⁺		26	6	60	6	98
NH ₄ ⁺		47	52			99
Ti	91		15			106
V	29		77			106
Mn	78		25			103
Ni	27		80			107
Zn					111	111
As	10	31	41	10	12	103
Rb	67	17	20			104
Sb	11	96				107
Pb		32	37	17	22	108

5. Resultados

Figura 5.48. Evolución temporal de las fuentes definidas en $PM_{2.5}$ para las especies Ca, K, NO_3^- , Ni, Sb y Pb en la estación de muestreo de Santa Ana para la campaña 2004-2005. “Ind.-Cartagena” es el factor industrial de Cartagena y “Zn” la fábrica local de producción de zinc electrolítico.



5.5.2. Factorización matricial por positivación (PMF)

La elección de los valores del modelo final propuesto que se presenta en la Tabla 5.64 y las Figuras 5.49 a 5.58 es el resultado del análisis de los perfiles de los factores en cada campaña de muestreo y por estación de muestreo para la extracción de siete, ocho y nueve factores, manteniendo la categoría de la calidad de las variables que requiere el software EPA PMF3.0. La exploración de los supuestos por cada estación de muestreo ha dado los siguientes resultados:

5. Resultados

a) Bastarreche PM_{10} .

Según el porcentaje de contribución al PM_{10} , presentando soluciones convergentes a la vista de los valores del $Q_{VERDADERO}$ y $Q_{ROBUSTO}$, se obtienen los porcentajes redondeados a la unidad para cada factor que se presentan inferiormente:

a.1) Con siete factores:

SO_4^{2-} secundario: 24%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 6%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico: 5%; NO_3^- secundario: 13%; Marino: 16%; Tráfico: 25% y Refinería: 7%.

a.2) Con nueve factores:

Marino: 8%; Central eléctrica: 7%; Refinería: 3%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico: 3%; SO_4^{2-} secundario: 16%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 11%; factor no identificado con elevado peso de Ca, Sr, Na, Mg, Li y P: 22%; Tráfico: 14% y NO_3^- secundario: 13%.

b) Santa Ana PM_{10} .

Según el porcentaje de contribución al PM_{10} , presentando soluciones convergentes a la vista de los valores del $Q_{VERDADERO}$ y $Q_{ROBUSTO}$, se obtienen los porcentajes redondeados a la unidad para cada factor que se presentan a continuación:

b.1) Con siete factores:

Intrusión y otras contribuciones crustales: 16%; SO_4^{2-} secundario: 9%; NO_3^- secundario: 29%; Marino: 14%; Refinería: 8%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico: 4%; Tráfico: 17%.

b.2) Con nueve factores:

5. Resultados

NO_3^- secundario: 27%; factor no identificado con elevado peso de Cs, Cr, V, Rb y Cu: 3%; Marino: 8%; Tráfico: 18%; Central eléctrica: 7%; SO_4^{2-} secundario: 6%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 17%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico: 2%; Marino: 12% y Refinería: 8%.

c) Mompeán PM_{10} .

Según el porcentaje de contribución al PM_{10} , presentando soluciones convergentes a la vista de los valores del $Q_{\text{VERDADERO}}$ y Q_{ROBUSTO} , se obtienen los porcentajes redondeados a la unidad para cada factor que se presentan:

c.1) Con siete factores:

Refinería: 0.1%; Central eléctrica: 9%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 7%; Marino: 21%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico: el software no asigna porcentaje significativo de contribución al PM_{10} ; SO_4^{2-} secundario y NO_3^- secundario: 38% y Tráfico: 23%.

c.2) Con nueve factores:

SO_4^{2-} secundario: 16%; factor no identificado con elevado peso de Pb, Sb, Cu, Sn y Cl: 4%; Marino: 12%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 9%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico: el software no asigna porcentaje significativo de contribución al PM_{10} ; Tráfico: 9%; NO_3^- secundario: 32%; Refinería: 8% y Central eléctrica: 6%.

d) Santa Ana $\text{PM}_{2.5}$.

Según el porcentaje de contribución al $\text{PM}_{2.5}$, presentando soluciones convergentes a la vista de los valores del $Q_{\text{VERDADERO}}$ y Q_{ROBUSTO} , se obtienen los porcentajes redondeados a la unidad para cada factor que se presentan a continuación:

5. Resultados

d.1) Con siete factores:

Refinería: 7%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 5%; factor con elevado peso de Zn, SO_4^{2-} y NaCl: 13%, Tráfico: 10%; factor con elevado peso de SO_4^{2-} , NO_3^- y NaCl: 32%, factor con elevado peso de Mg: 7% y NO_3^- secundario: 24%.

d.2) Con nueve factores:

Fábrica local de producción de zinc electrolítico: 7%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 6%; Refinería: 4%; factor con elevado peso de SO_4^{2-} y NaCl: 28%; factor con elevado peso de Mg: 6%; Marino: 6%; factor con elevado peso de Ca, Mg, Li, P, Ti, Co, Sr y Rb: 8%; Tráfico: 9% y NO_3^- secundario: 22%.

e) Mompeán $\text{PM}_{2.5}$.

Según el porcentaje de contribución al $\text{PM}_{2.5}$, presentando soluciones convergentes a la vista de los valores del $Q_{\text{VERDADERO}}$ y Q_{ROBUSTO} , se obtienen los porcentajes redondeados a la unidad para cada factor que se presentan:

e.1) Con siete factores:

Central eléctrica: 8%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 13%; Marino: 11%; NO_3^- secundario: 25%; SO_4^{2-} secundario: 24%; Refinería: 13% y Tráfico: 4%.

e.2) Con nueve factores:

SO_4^{2-} secundario: 24%; Refinería: 9%; factor con elevado peso de Pb, Cu, Cl^- , Sb, Sn y OM+EC: 6%; Intrusión y otras contribuciones crustales: 9%; Central eléctrica: 8%; Fábrica local de producción de zinc electrolítico: 1%; NO_3^- secundario: 23%; Marino: 5% y factor con elevado peso de Cu, Zn, Mn, Ca, Fe y OM+EC: 10%.

5. Resultados

Una vez definidos el número de factores finalmente extraídos, se aplica el Software EPA PMF3.0, y se obtienen los perfiles de los factores que se recogen en las Figuras 5.50 a 5.58 y cuyas contribuciones aparecen en la Tabla 5.64. Cada solución que se muestra es la que tiene el mejor ajuste (óptimos Q_{ROBUSTO} y $Q_{\text{VERDADERO}}$) tras haber seguido los pasos del protocolo del software (entre los que está el análisis de los residuos) en 20 soluciones propuestas (Norris et al., 2008). Para cada caso estudiado se han obtenido 8 factores, en el conjunto de los casos estudiados se han identificado 9 factores diferentes, ya que en Santa Ana en la fracción $\text{PM}_{2.5}$ se han identificado un factor que se ha denominado “Construcción”, desapareciendo en este caso el debido a la Central eléctrica e influencia local.

Las Figuras 5.50 a 5.58 recogen de modo gráfico las contribuciones de cada uno de los factores obtenidos en el análisis: Marino, Intrusión y otras contribuciones crustales, Tráfico, Fábrica local de producción de zinc electrolítico, Refinería, Central eléctrica e influencia local, Sulfato secundario, Nitrato secundario y Construcción, que se han analizado con el fin de observar la existencia de patrones de comportamiento diferenciados entre días laborables o fines de semana y estaciones del año. Las figuras también recogen diferentes perfiles de los factores para las diferentes campañas, tipo de muestreo y puntos de muestreo.

Al calcular la contribución en masa de cada una de las fuentes para cada uno de los días, durante los días de muestreo del periodo 2006-2007 en Mompeán en la fracción PM_{10} , el modelo no asigna ninguna contribución a la fuente que se ha asimilado a la fábrica local de producción de zinc electrolítico.

5. Resultados

Tabla 5.64. Contribución de los factores a las variables por estaciones de muestreo y tamaños de partículas como los provee EPA PMF3.0 (porcentaje total de la especie que explica cada factor). Los porcentajes están redondeados a la décima.

a) PM₁₀ en Bastarrche desde el 25 de febrero de 2004 al 14 de marzo de 2005 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 Marino; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 SO₄²⁻ secundario; F4 Refinería; F5 Intrusión y otras contribuciones crustales; F6 NO₃⁻ secundario; F7 Central eléctrica e influencia local y F8 Tráfico.

Especies	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
PM ₁₀	16.0	4.5	19.0	7.7	6.4	16.1	8.2	22.0
OM+EC	6.0	5.7	9.7	0.7	0.0	18.2	29.5	30.2
Al ₂ O ₃	3.1	1.7	7.0	9.3	51.3	0.0	12.9	14.7
Ca	8.5	6.0	4.3	9.9	7.0	10.5	1.2	52.6
K	5.8	4.3	7.3	8.6	24.8	11.2	13.6	24.5
Na	62.9	0.0	12.1	15.9	0.0	0.0	0.0	9.2
Mg	21.0	3.3	8.3	10.3	19.2	2.6	6.5	28.7
Fe	2.1	11.3	6.1	5.7	25.8	5.8	20.7	22.4
SO ₄ ²⁻	7.3	3.3	42.9	12.7	6.3	11.3	10.2	6.0
NO ₃ ⁻	10.1	7.6	0.0	12.6	5.8	63.9	0.0	0.0
Cl ⁻	65.7	4.3	0.0	0.0	6.8	20.0	3.3	0.0
NH ₄ ⁺	0.0	5.4	45.5	13.7	3.3	30.6	1.5	0.0
Li	12.3	0.0	23.0	0.0	24.6	25.5	0.0	14.6
P	3.4	0.8	19.8	1.9	10.2	15.5	10.9	37.4
Ti	2.7	3.4	7.2	6.9	48.8	1.8	12.5	16.7
V	0.7	2.4	13.2	64.5	4.4	11.0	0.0	3.7
Cr	1.5	0.0	0.0	17.3	20.2	2.9	28.1	30.1
Mn	3.7	21.2	4.8	7.9	18.8	3.3	13.9	26.5
Co	3.6	2.6	4.2	24.6	22.8	1.0	18.4	22.8
Ni	1.3	2.0	6.8	58.3	3.4	10.4	6.4	11.5
Cu	0.0	18.5	1.4	2.1	1.5	12.8	34.8	28.9
Zn	2.7	19.5	0.0	3.8	8.2	0.0	65.8	0.0
As	0.2	7.4	12.5	4.5	6.9	11.2	34.2	23.1
Se	7.2	0.0	8.5	6.9	20.8	20.5	14.9	21.2
Rb	4.3	1.4	10.5	8.1	34.2	3.9	13.7	24.1
Sr	12.1	5.3	9.5	11.4	12.1	8.6	0.0	41.1
Cd	6.4	72.7	11.5	0.0	0.0	0.7	4.9	3.8
Sn	1.5	3.2	7.6	0.1	1.3	23.2	32.4	30.8
Sb	1.9	5.4	9.5	0.0	1.1	21.7	25.6	34.8
La	7.5	0.4	9.1	19.3	43.5	0.5	7.1	12.6
Ce	5.2	0.1	9.1	9.7	44.2	3.3	12.8	15.6
Nd	7.4	1.3	5.8	15.1	52.8	3.3	0.0	14.2
Pb	2.2	30.1	17.2	2.2	3.4	11.6	18.1	15.0

5. Resultados

b) PM₁₀ en Santa Ana desde el 16 enero de 2004 al 2 de marzo de 2005 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 Central eléctrica e influencia local; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 Refinería; F4 Marino; F5 SO₄²⁻ secundario; F6 Intrusión y otras contribuciones crustales; F7 NO₃⁻ secundario y F8 Tráfico.

Especies	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
PM ₁₀	8.2	2.0	8.4	13.9	9.8	15.6	26.0	16.0
OM+EC	21.7	2.6	0.0	4.2	0.0	0.0	40.1	31.3
Al ₂ O ₃	3.0	1.5	8.3	8.9	11.1	55.8	5.1	6.3
Ca	3.5	0.0	0.0	4.6	13.8	13.6	4.1	60.4
K	11.3	3.9	6.1	10.0	4.0	34.7	14.3	15.7
Na	0.0	3.7	16.0	70.5	8.8	0.0	1.0	0.0
Mg	2.0	2.8	7.5	26.8	10.8	28.7	4.6	16.8
Fe	3.9	3.9	6.4	7.4	10.3	51.1	7.9	9.2
SO ₄ ²⁻	10.9	4.0	1.9	11.9	43.6	2.6	19.7	5.4
NO ₃ ⁻	24.7	2.0	31.1	3.0	0.0	5.4	33.9	0.0
Cl ⁻	2.8	3.3	0.0	59.6	0.0	4.6	24.2	5.6
NH ₄ ⁺	0.0	0.0	0.0	0.0	38.3	0.0	61.7	0.0
Li	16.8	3.9	0.0	8.2	8.3	52.1	0.0	10.8
P	28.1	3.1	5.2	4.2	4.6	18.3	9.7	26.9
Ti	0.0	2.0	5.8	7.8	11.4	56.3	8.6	8.1
V	1.6	0.0	58.3	0.7	17.6	3.6	18.3	0.0
Cr	0.0	0.0	9.4	12.0	23.9	21.2	17.0	16.5
Mn	6.3	4.9	3.9	7.5	16.1	38.6	5.3	17.3
Co	8.8	0.0	13.1	0.6	9.7	35.0	7.7	25.1
Ni	14.6	4.2	45.7	2.5	24.7	0.0	0.0	8.2
Cu	90.0	0.0	2.8	0.0	1.2	6.0	0.0	0.0
Zn	22.4	8.2	8.0	5.7	16.2	0.0	14.5	24.9
As	12.5	10.0	2.4	7.7	14.7	14.1	14.0	24.6
Se	0.3	0.0	5.0	13.0	25.6	0.0	27.3	28.8
Rb	1.2	1.2	4.0	8.1	11.4	43.3	12.9	17.9
Sr	3.3	1.5	3.1	10.3	11.2	24.0	7.2	39.3
Cd	35.2	34.7	0.0	0.0	6.5	8.4	15.2	0.0
Cs	0.0	4.5	13.7	0.0	0.0	49.4	6.8	25.7
La	5.4	0.0	10.2	8.0	15.2	51.7	6.6	2.9
Ce	7.1	1.4	6.3	7.1	9.4	60.6	6.7	1.4
Pr	8.9	0.0	4.5	12.8	30.9	39.4	0.0	3.6
Nd	8.9	1.5	5.8	7.8	15.1	58.5	2.5	0.0
Pb	9.8	50.7	6.5	6.6	3.0	1.4	13.7	8.4

5. Resultados

c) PM_{10} en Mompeán desde el 6 de noviembre de 2006 al 17 de octubre de 2007 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 NO_3^- secundario; F2 Central eléctrica e influencia local; F3 Intrusión y otras contribuciones crustales; F4 Marino; F5 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F6 Tráfico; F7 SO_4^{2-} secundario y F8 Refinería.

Especies	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
PM_{10}	34.5	7.4	11.0	12.5	0.0	11.1	15.4	8.1
OM+EC	25.0	5.6	6.2	2.2	1.9	38.5	16.4	4.2
Al_2O_3	12.7	3.3	56.0	12.7	9.8	0.0	2.4	3.2
Ca	16.0	0.0	28.4	16.8	2.9	29.3	0.0	6.5
K	11.6	3.3	30.8	15.5	6.1	18.7	12.1	1.9
Na	1.3	0.0	7.3	72.3	2.4	0.0	15.2	1.5
Mg	6.8	0.8	27.3	40.7	5.4	8.5	6.4	4.1
Fe	10.6	4.2	33.0	6.3	8.6	25.2	10.0	2.0
SO_4^{2-}	0.0	1.8	12.1	17.4	6.6	4.9	57.0	0.3
NO_3^-	70.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.2
Cl^-	28.1	8.5	0.0	55.4	0.0	8.0	0.0	0.0
NH_4^+	33.1	0.0	0.0	0.0	4.6	4.2	58.1	0.0
Li	5.9	2.8	44.9	16.8	7.1	9.2	10.9	2.3
P	5.9	1.9	23.9	18.7	0.0	29.5	20.1	0.0
Ti	9.0	4.6	52.4	8.9	8.9	7.4	6.4	2.2
V	2.9	3.6	15.6	0.0	4.5	0.0	2.5	71.0
Cr	12.6	0.0	27.8	12.8	0.7	23.9	10.6	11.7
Mn	9.9	1.6	28.0	6.7	13.3	24.2	13.7	2.6
Co	3.8	4.7	37.5	8.1	9.3	1.6	15.7	19.2
Ni	0.0	0.7	14.9	0.7	3.7	2.3	6.3	71.3
Cu	8.4	1.3	7.0	2.2	4.2	60.7	9.0	7.2
Zn	2.0	64.1	4.0	0.0	15.9	0.0	6.5	7.5
As	1.5	16.1	13.3	7.5	9.3	36.5	14.8	1.0
Se	9.9	6.5	14.5	20.0	4.0	10.3	34.8	0.0
Rb	11.2	3.0	44.3	14.2	6.2	11.6	9.0	0.6
Sr	15.2	0.4	31.9	22.5	3.7	18.5	2.3	5.4
Cd	4.9	6.9	0.7	2.4	67.4	13.0	4.5	0.3
Sn	11.6	6.9	10.6	6.5	0.0	44.5	18.5	1.4
Sb	11.9	8.5	15.4	0.0	1.1	54.8	6.5	1.9
Cs	10.7	1.9	37.5	14.8	6.2	13.5	14.6	0.9
La	6.4	2.4	55.7	1.0	6.2	4.0	11.3	13.1
Ce	4.6	0.0	66.1	0.0	6.0	9.4	13.6	0.4
Pr	6.4	0.0	67.1	0.0	6.8	6.4	11.8	1.6
Nd	7.1	0.0	69.7	0.0	5.9	5.5	11.9	0.0
Pb	1.6	25.5	6.3	2.5	22.8	25.7	14.6	1.1

5. Resultados

d) PM_{2.5} en Santa Ana desde el 16 de junio de 2004 al 2 de marzo de 2005 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 Influencia de la construcción; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 Refinería; F4 SO₄²⁻ secundario; F5 Intrusión y otras contribuciones crustales; F6 NO₃⁻ secundario; F7 Tráfico y F8 Marino.

Especies	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
PM _{2.5}	7.0	5.3	6.2	26.5	5.8	27.2	7.3	14.6
OM+EC	1.4	0.0	0.0	27.2	0.0	44.0	15.9	11.5
Al ₂ O ₃	6.2	0.0	7.9	4.4	64.4	2.5	3.8	10.7
Ca	4.7	0.0	8.1	0.0	6.0	4.1	70.0	7.2
K	0.0	2.5	0.0	17.8	22.3	27.6	16.1	13.7
Na	3.7	7.5	15.2	19.0	13.0	3.7	7.3	30.5
Mg	67.3	1.0	4.9	4.7	7.4	1.3	7.5	5.9
Fe	5.7	3.9	3.4	7.5	59.5	5.9	9.6	4.6
SO ₄ ²⁻	15.0	10.2	19.5	35.3	2.4	8.6	2.8	6.3
NO ₃ ⁻	0.1	0.0	9.1	19.8	0.0	64.3	0.0	6.7
Cl ⁻	9.8	5.8	0.0	30.2	1.2	24.5	10.8	17.7
NH ₄ ⁺	0.0	0.5	24.4	56.6	0.0	9.0	0.0	9.5
Li	10.7	0.0	0.0	0.0	39.7	29.3	10.6	9.7
P	15.4	9.9	5.8	7.7	15.9	12.6	30.3	2.4
Ti	5.3	0.0	3.0	3.9	67.9	5.2	6.9	7.9
V	9.5	1.5	72.1	0.0	0.0	14.9	0.0	2.0
Cr	7.2	0.0	33.3	21.2	0.6	0.0	4.0	33.7
Mn	3.8	11.3	13.1	15.0	42.3	0.0	14.5	0.0
Co	5.8	0.0	20.1	0.0	7.9	25.6	20.3	20.3
Ni	17.5	4.9	57.1	0.9	0.1	10.0	9.5	0.0
Cu	8.6	23.3	1.9	22.6	0.0	21.9	21.8	0.0
Zn	6.8	18.1	1.4	22.8	0.0	13.4	18.9	18.5
As	9.6	20.5	12.3	11.7	1.0	19.9	6.3	18.7
Se	4.0	10.3	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	81.7
Rb	2.6	2.1	3.6	10.5	33.8	14.7	15.4	17.3
Sr	4.1	1.5	7.0	6.2	28.8	3.9	43.0	5.6
Cd	0.7	58.4	0.0	1.0	0.0	18.9	0.0	21.0
Sn	0.0	0.0	7.2	32.2	0.0	24.0	0.0	36.6
Sb	1.8	14.4	0.0	34.3	9.4	30.9	5.7	3.6
Cs	0.0	0.0	0.0	0.0	77.2	16.3	0.0	6.5
La	8.2	0.4	17.6	1.0	58.0	13.9	0.0	0.9
Ce	8.8	0.0	9.7	2.7	64.7	14.1	0.0	0.0
Pb	0.0	63.3	2.5	0.0	0.0	22.3	2.9	9.0

5. Resultados

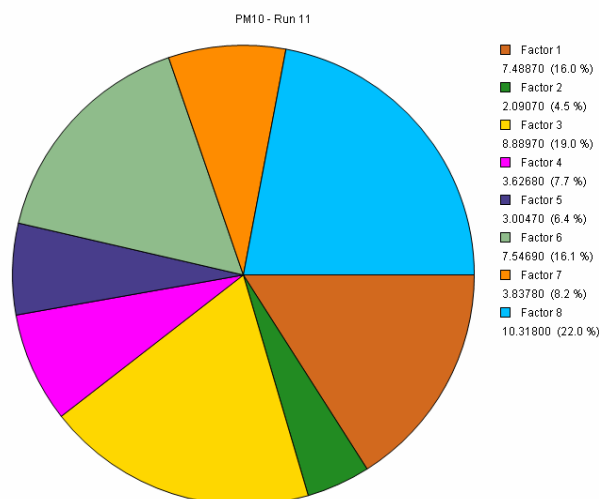
e) PM_{2.5} en Mompeán desde el 6 de noviembre de 2006 al 10 de octubre de 2007 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 SO₄²⁻ secundario; F2 Central eléctrica e influencia local; F3 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F4 Intrusión y otras contribuciones crustales; F5 NO₃⁻ secundario; F6 Tráfico; F7 Refinería y F8 Marino.

Especies	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
PM _{2.5}	26.4	9.5	6.2	13.1	26.1	4.0	6.5	8.1
OM+EC	17.6	9.2	22.3	4.2	27.1	7.4	6.6	5.5
Al ₂ O ₃	21.2	0.0	0.0	52.4	3.6	3.4	0.0	19.3
Ca	0.0	10.5	10.3	57.4	1.9	0.8	4.9	14.1
K	17.5	0.5	8.2	31.5	26.6	6.9	4.6	4.3
Na	14.0	0.0	0.0	5.3	5.3	0.0	9.3	66.1
Mg	9.9	5.1	2.3	45.5	0.0	0.8	5.0	31.4
Fe	14.1	6.4	17.1	41.0	11.1	4.5	3.2	2.6
SO ₄ ²⁻	52.3	0.0	5.8	4.2	15.7	0.4	10.4	11.4
NO ₃ ⁻	0.0	0.0	0.0	0.0	86.3	0.0	13.7	0.0
Cl ⁻	0.0	0.0	6.9	0.0	33.6	16.6	0.0	42.9
NH ₄ ⁺	52.1	0.1	2.3	0.0	32.5	1.2	10.4	1.4
Li	21.8	3.0	6.9	45.2	7.0	1.5	6.3	8.3
P	24.5	18.2	5.4	31.3	10.4	4.5	1.2	4.6
Ti	21.7	5.9	2.7	61.1	0.3	2.9	1.6	3.8
V	18.5	3.0	1.2	4.1	0.0	0.8	65.0	7.4
Cr	23.0	0.0	3.1	11.2	17.9	3.1	9.8	31.9
Mn	14.6	3.2	32.7	32.6	8.7	0.0	6.9	1.3
Co	23.4	5.5	5.1	26.2	7.9	1.4	21.9	8.6
Ni	22.3	3.2	1.0	3.7	0.1	0.7	64.0	5.0
Cu	0.0	31.0	32.4	7.3	13.1	7.2	8.9	0.0
Zn	0.0	0.0	63.7	7.3	0.0	1.7	0.0	27.3
As	0.0	77.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2
Se	21.4	16.4	3.9	0.6	23.1	3.8	0.0	30.7
Rb	20.1	2.6	2.4	43.9	13.8	5.2	0.0	12.0
Sr	11.6	7.2	3.0	56.2	0.6	3.5	4.4	13.6
Cd	0.0	0.0	68.2	0.0	0.0	2.4	0.0	29.4
Sn	16.2	12.6	12.8	3.4	31.8	7.5	5.7	10.0
Sb	4.3	40.2	4.9	23.1	13.7	13.7	0.0	0.0
Cs	22.5	7.1	4.0	33.8	11.0	3.0	1.5	17.1
La	34.5	18.7	0.0	29.8	0.0	4.8	12.2	0.0
Ce	37.1	22.1	0.0	33.9	0.0	6.9	0.0	0.0
Hf	36.7	0.0	0.0	4.0	24.8	7.4	3.8	23.3
Pb	10.0	4.2	20.2	3.9	0.0	52.5	0.0	9.2

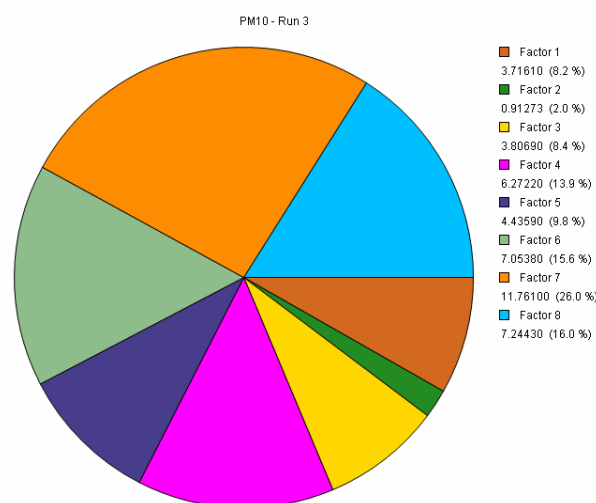
5. Resultados

Figura 5.49. Gráficos de sectores con la contribución de los factores al PM_{10} y $PM_{2.5}$ con la masa ($\mu g/m^3$) y los porcentajes por estaciones y tamaños de partículas como los provee EPA PMF3.0.

a) PM_{10} en Bastarrche desde el 25 de febrero de 2004 al 14 de marzo de 2005 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 Marino; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 SO_4^{2-} secundario; F4 Refinería; F5 Intrusión y otras contribuciones crustales; F6 NO_3^- secundario; F7 Central eléctrica e influencia local y F8 Tráfico.

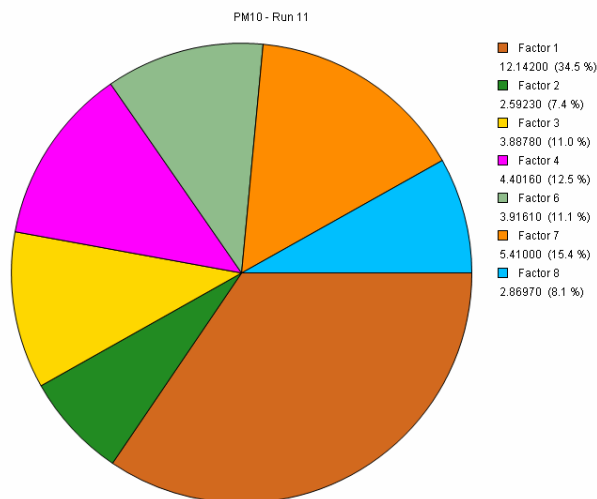


b) PM_{10} en Santa Ana desde el 16 enero de 2004 al 2 de marzo de 2005 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 Central eléctrica e influencia local; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 Refinería; F4 Marino; F5 SO_4^{2-} secundario; F6 Intrusión y otras contribuciones crustales; F7 NO_3^- secundario y F8 Tráfico.

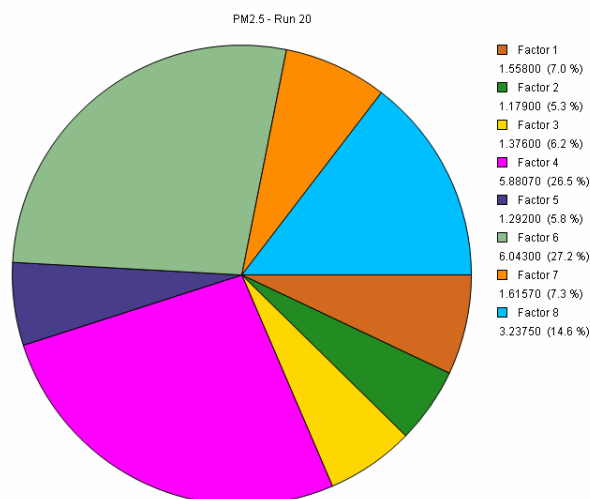


5. Resultados

c) PM₁₀ en Mompeán desde el 6 de noviembre de 2006 al 17 de octubre de 2007 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 NO₃⁻ secundario; F2 Central eléctrica e influencia local; F3 Intrusión y otras contribuciones crustales; F4 Marino; F5 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F6 Tráfico; F7 SO₄²⁻ secundario y F8 Refinería.

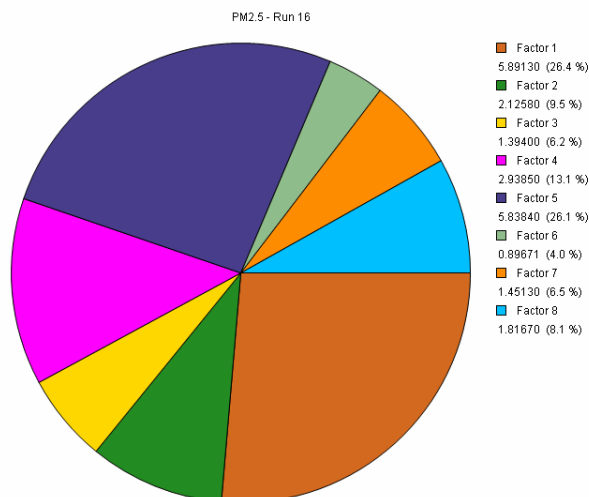


d) PM_{2.5} en Santa Ana desde el 16 de junio de 2004 al 2 de marzo de 2005 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 Influencia de la construcción; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 Refinería; F4 SO₄²⁻ secundario; F5 Intrusión y otras contribuciones crustales; F6 NO₃⁻ secundario; F7 Tráfico y F8 Marino.



5. Resultados

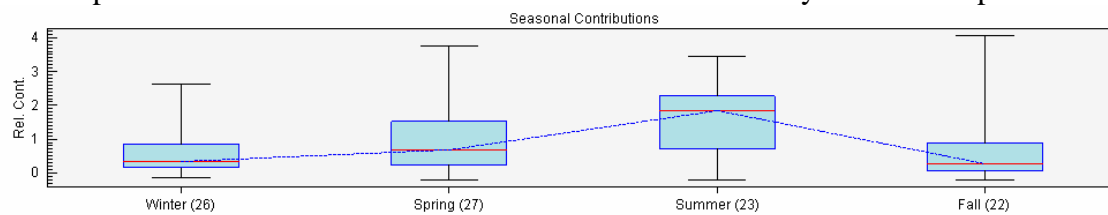
e) PM_{2.5} en Mompeán desde el 6 de noviembre de 2006 al 10 de octubre de 2007 con una cadencia de dos muestras por semana. Las asociaciones sugeridas para los factores (F) son: F1 SO₄²⁻ secundario; F2 Central eléctrica e influencia local; F3 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F4 Intrusión y otras contribuciones crustales; F5 NO₃⁻ secundario; F6 Tráfico; F7 Refinería y F8 Marino.



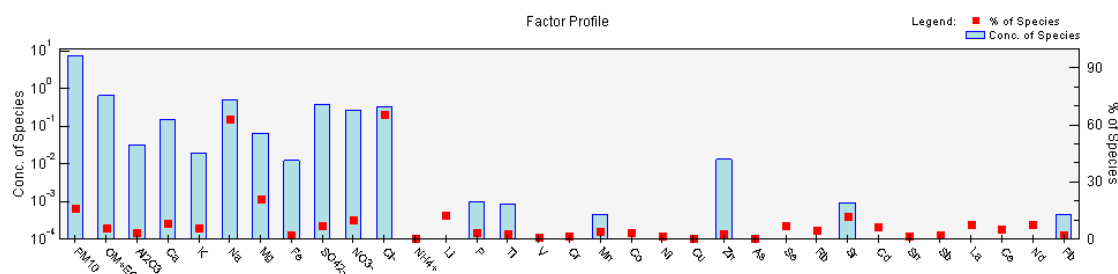
5. Resultados

Figura 5.50. Gráficos para el factor “marino” como los provee el software EPA PMF3.0.

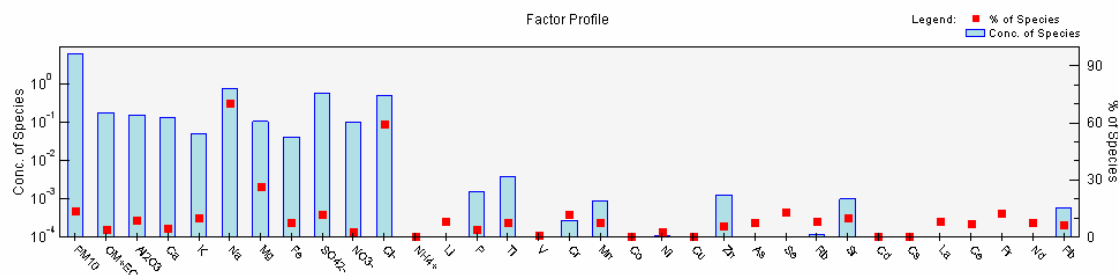
a) Contribución estacional del factor marino al PM_{10} en Bastarreche; el pico en verano-primavera se observa también en el resto de estaciones y tamaños de partícula.



b) Perfil del factor de PM_{10} en Bastarreche durante la campaña de muestreo 2004-2005.

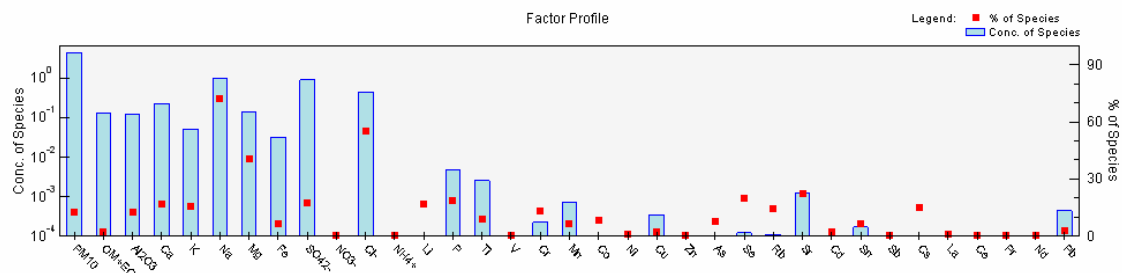


c) Perfil del factor de PM_{10} en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.

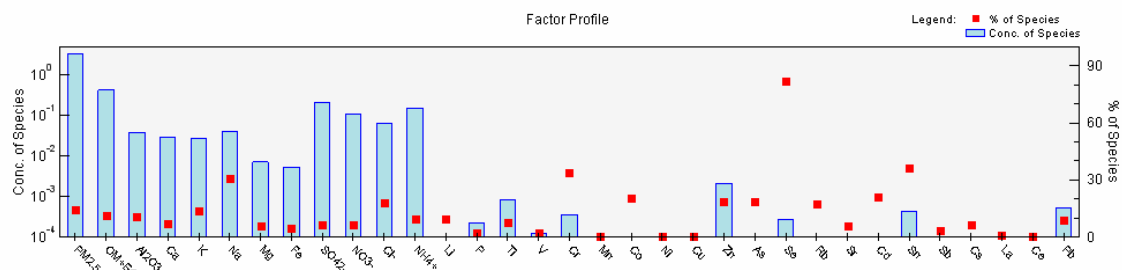


5. Resultados

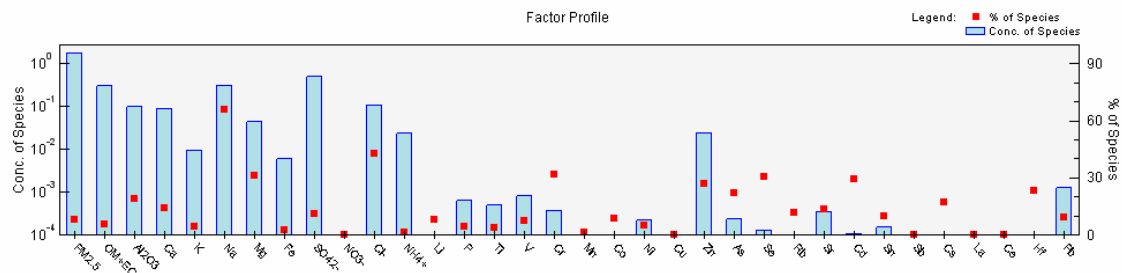
d) Perfil del factor de PM_{10} en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



e) Perfil del factor de $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



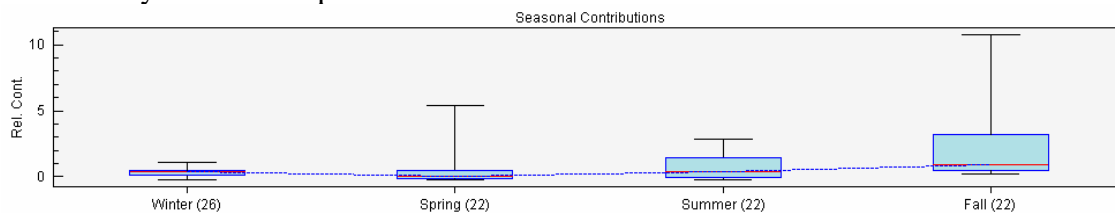
f) Perfil del factor de $PM_{2.5}$ en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



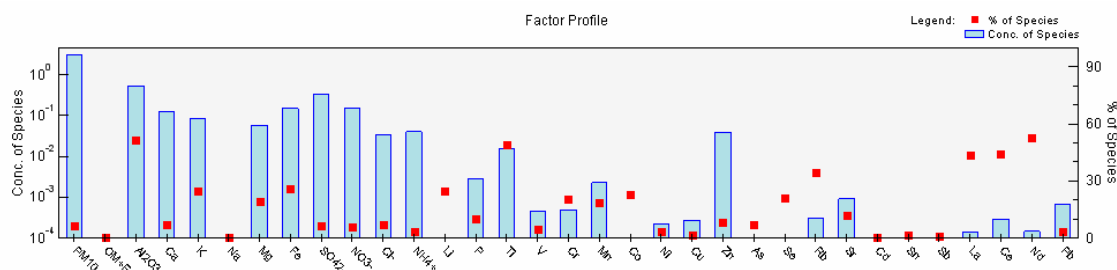
5. Resultados

Figura 5.51. Gráficos para el factor “Intrusión y otras contribuciones crustales” como se provee por el software EPA PMF3.0.

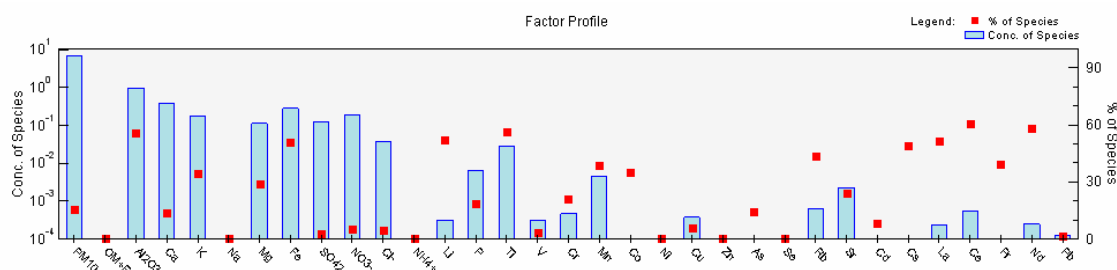
a) Contribución estacional del factor “Intrusión y otras contribuciones crustales” al PM_{10} en Santa Ana; el descenso en invierno es mayoritariamente repetido en el resto de estaciones y tamaños de partícula.



b) Perfil del factor en el PM_{10} de Bastarache durante la campaña de muestreo 2004-2005.

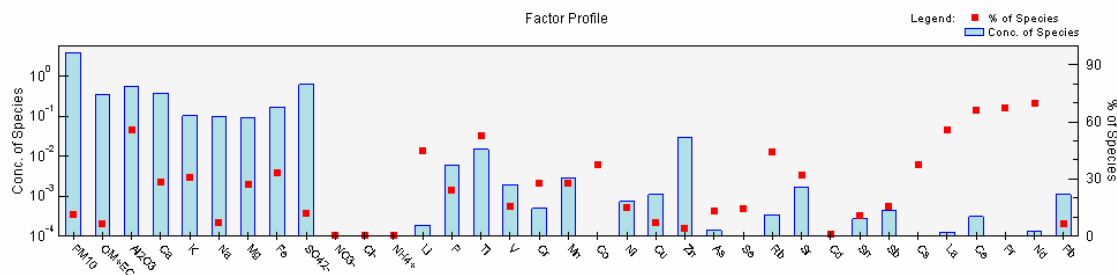


c) Perfil del factor en el PM_{10} de Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.

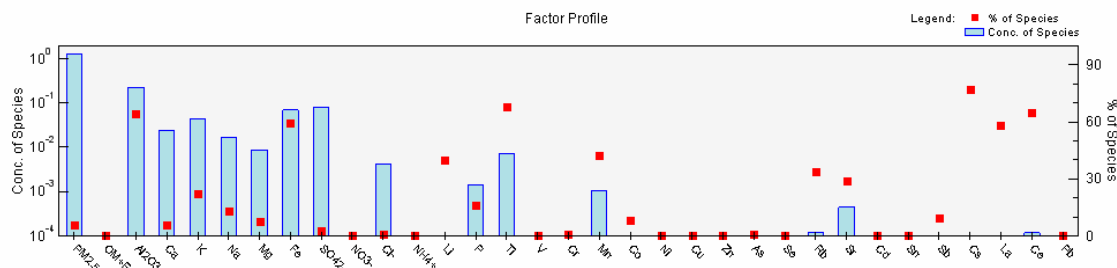


5. Resultados

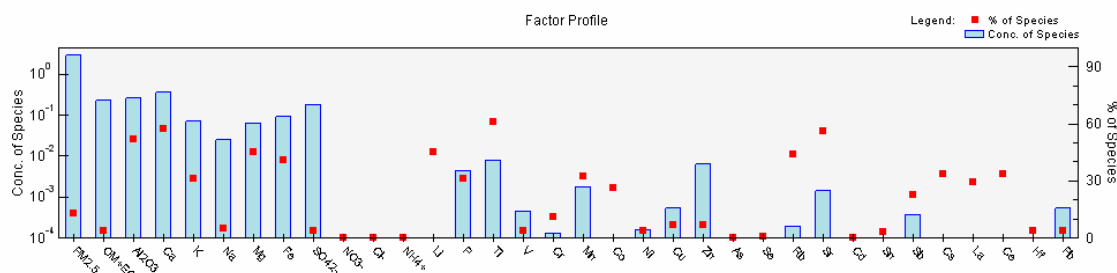
d) Perfil del factor en el PM_{10} de Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



e) Perfil del factor en el $PM_{2.5}$ de Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



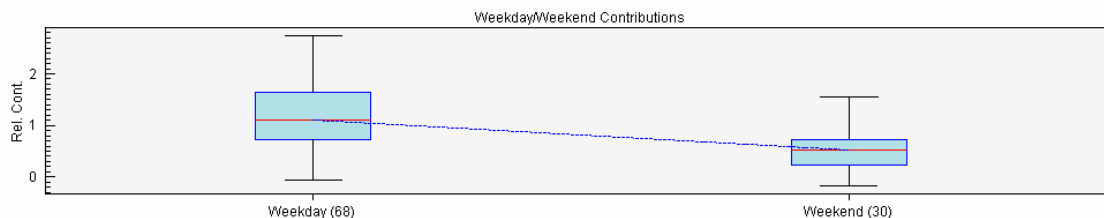
f) Perfil del factor en el $PM_{2.5}$ durante la campaña de muestreo 2006-2007.



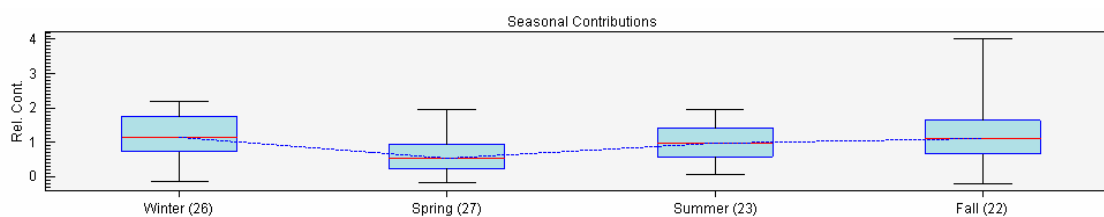
5. Resultados

Figura 5.52. Gráficos para el factor “tráfico” como provee el software EPA PMF3.0.

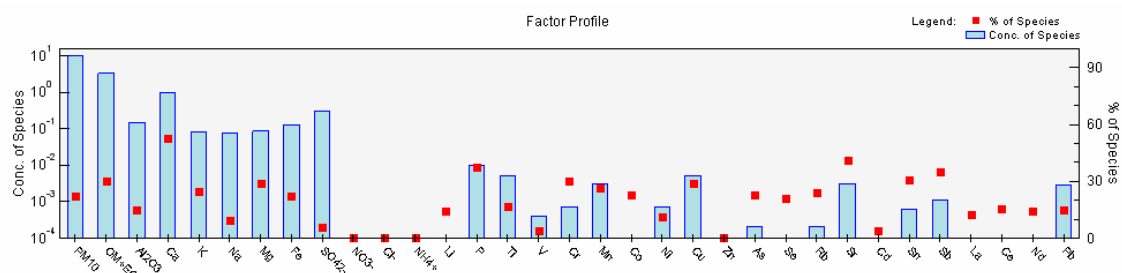
a) Contribuciones durante días laborales/fines de semana para el factor “tráfico” en el PM_{10} en Bastarreche; el descenso durante los fines de semana se repite en el resto de estaciones y tamaños de partícula.



b) Contribución en las estaciones del año para el factor “tráfico” en el PM_{10} de Bastarreche; el descenso en primavera-verano es mayoritariamente repetido en el resto de estaciones y tamaños de partículas excepto en las fracciones fina y gruesa de Santa Ana, esto podría estar explicado por el tráfico causado por las obras de construcción aledañas a la estación de muestreo en el periodo de estudio.

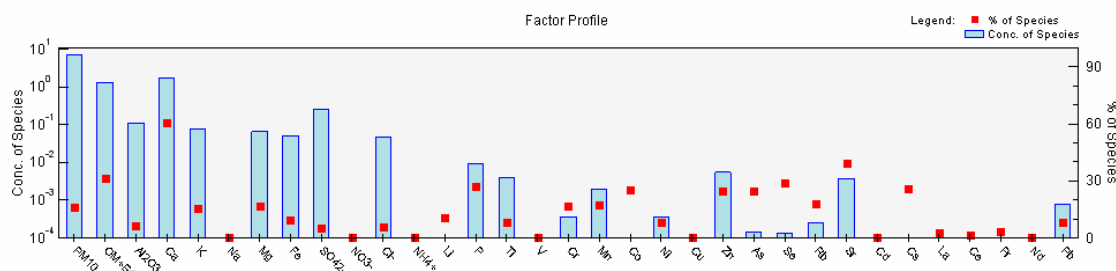


c) Perfil del factor PM_{10} en Bastarreche durante la campaña de muestreo durante 2004-2005.

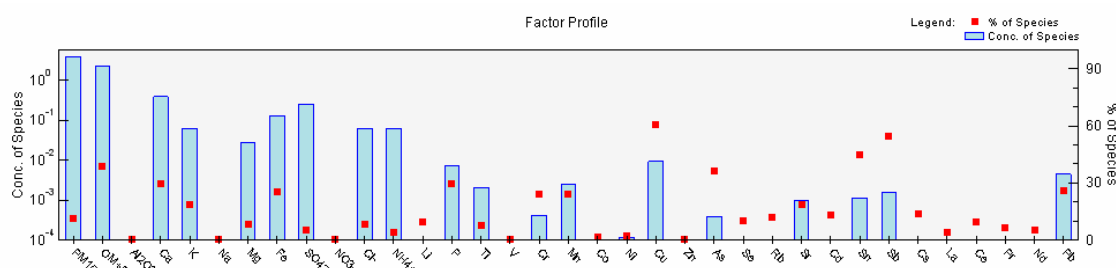


5. Resultados

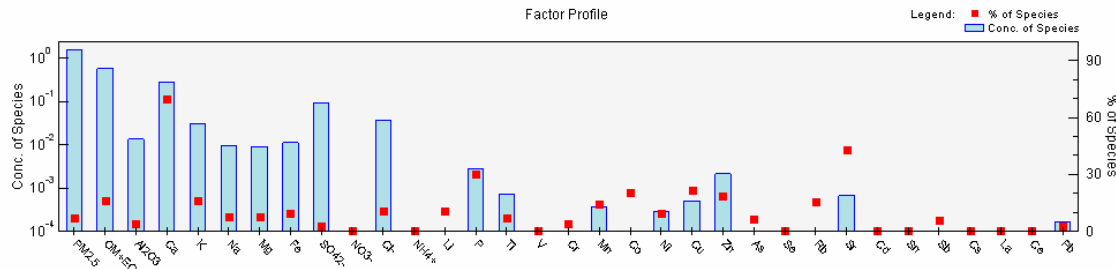
d) Perfil del factor de PM_{10} en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



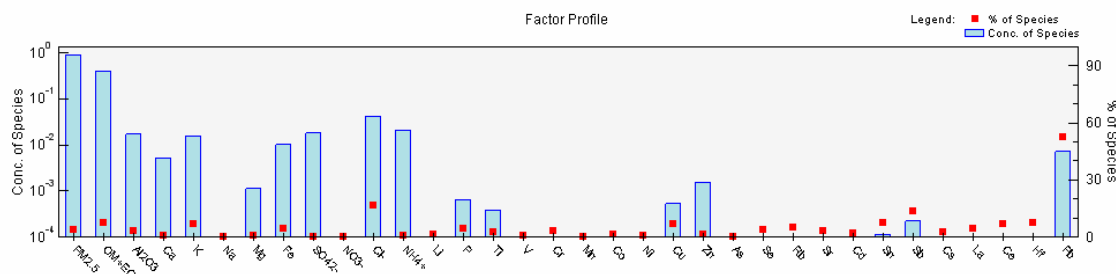
e) Perfil del factor de PM_{10} en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



f) Perfil del factor $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



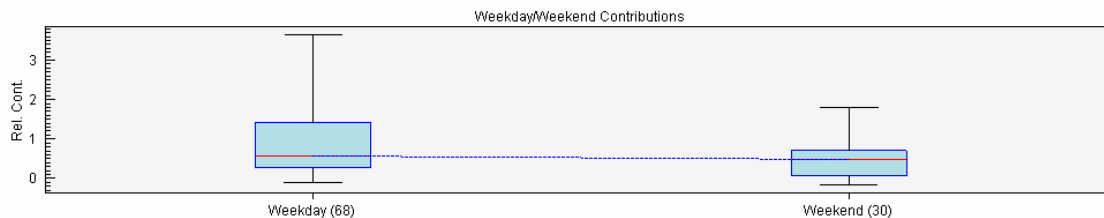
g) Perfil del factor $PM_{2.5}$ en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



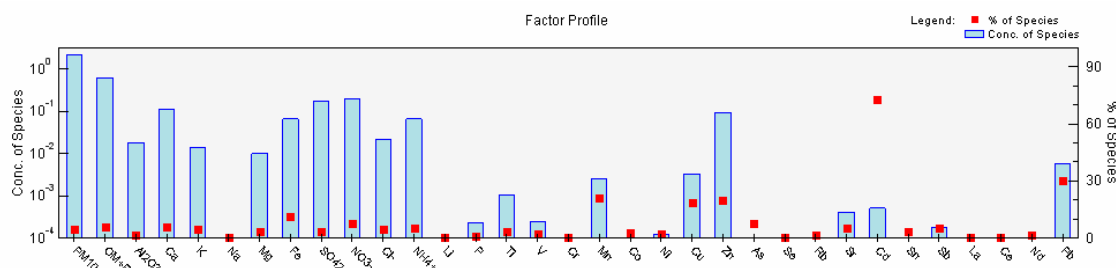
5. Resultados

Figura 5.53. Gráficos para el factor “fábrica local de producción de zinc electrolítico” como provee el software EPA PMF3.0.

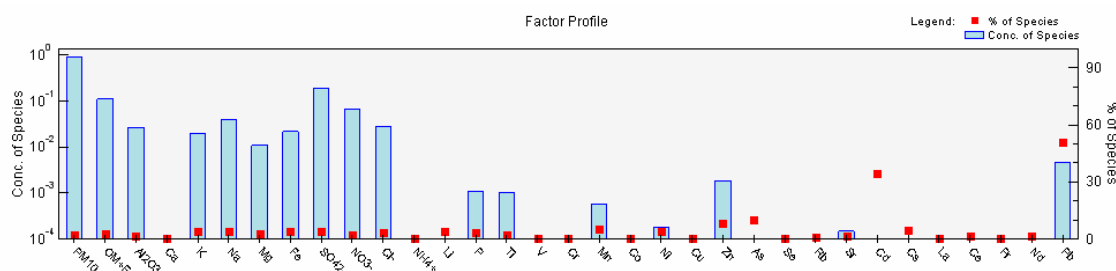
a) Contribuciones durante días laborales/fines de semana para el factor “fábrica local de producción de Zn electrolítico” en el PM_{10} en Bastarache; el descenso durante los fines de semana se repite en el resto de estaciones y tamaños de partícula.



b) Perfil del factor PM_{10} en Bastarache durante la campaña de muestreo 2004-2005.

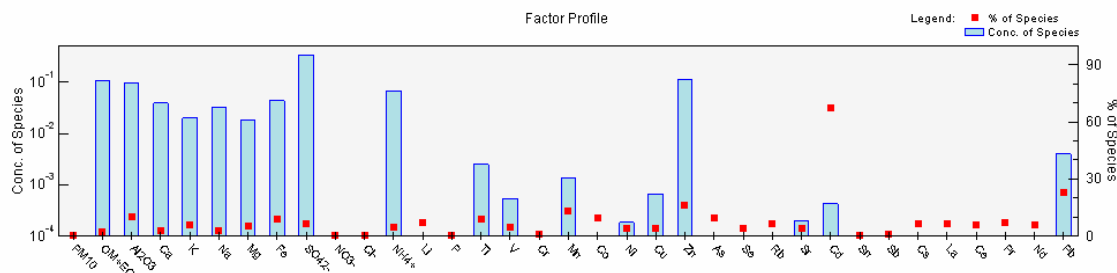


c) Perfil del factor de PM_{10} en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.

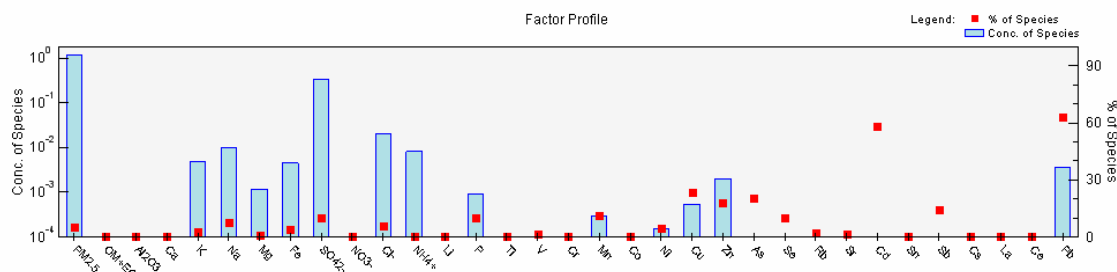


5. Resultados

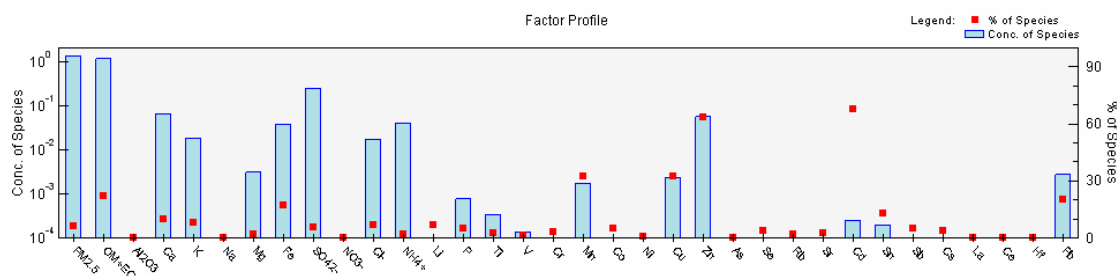
d) Perfil del factor de PM_{10} en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



e) Perfil del factor $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



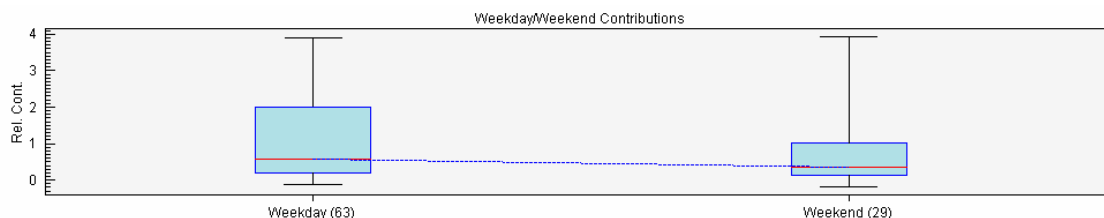
f) Perfil del factor $PM_{2.5}$ en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



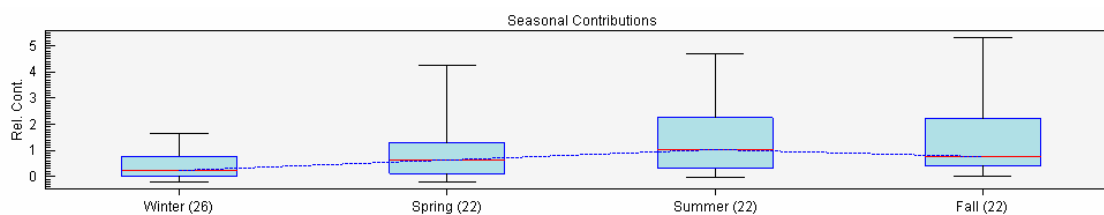
5. Resultados

Figura 5.54. Gráficos para el factor “refinería” como se provee por el software EPA PMF3.0.

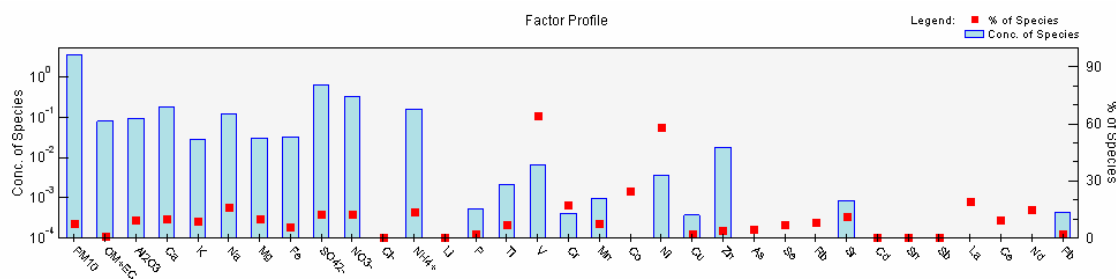
a) Contribuciones durante días laborales/fines de semana para el factor “refinería” en el PM_{10} en Santa Ana; el descenso durante los fines de semana se repite en el resto de estaciones y tamaños de partícula.



b) Contribuciones estacionales en el año para el factor “refinería” en el PM_{10} en Santa Ana; el descenso en invierno se repite mayoritariamente en el resto de estaciones de muestreo y tamaños de partícula, esto podría estar explicado por una volatilización menor de compuestos orgánicos de la instalación petroquímica durante esta estación del año.

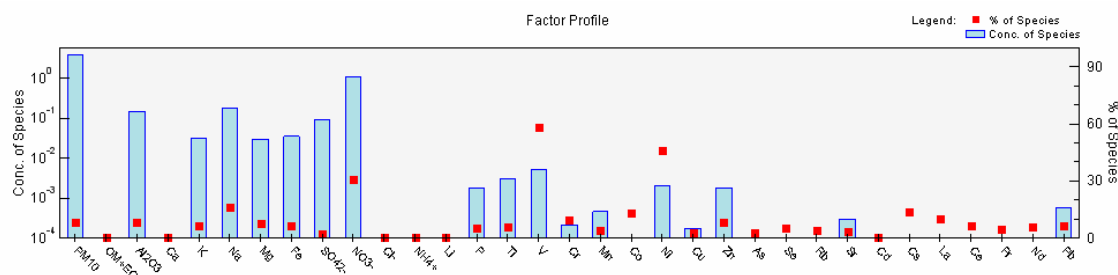


c) Perfil del factor PM_{10} en Bastarreche durante la campaña de muestreo 2004-2005.

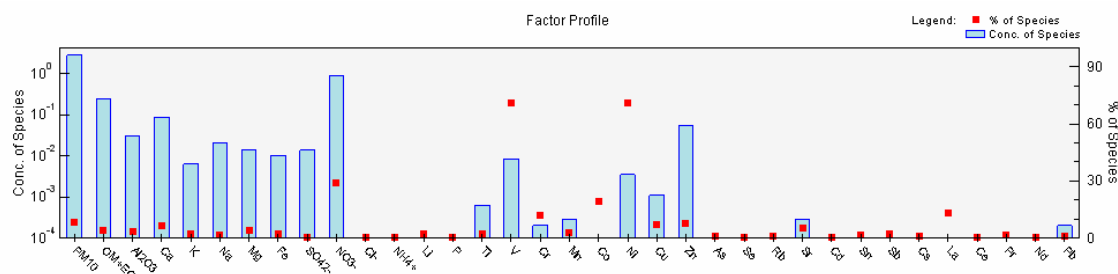


5. Resultados

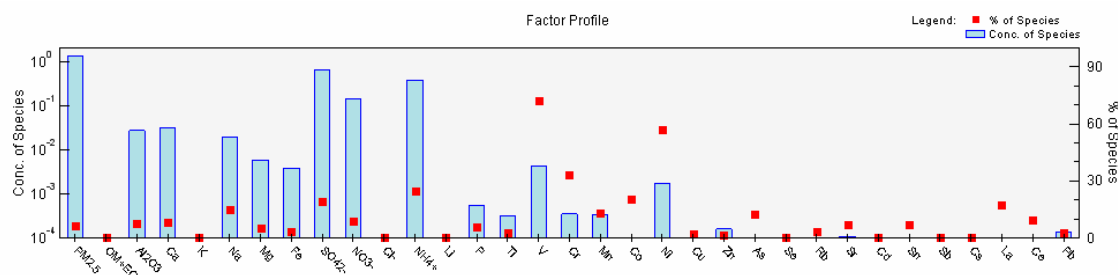
d) Perfil del factor de PM_{10} en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



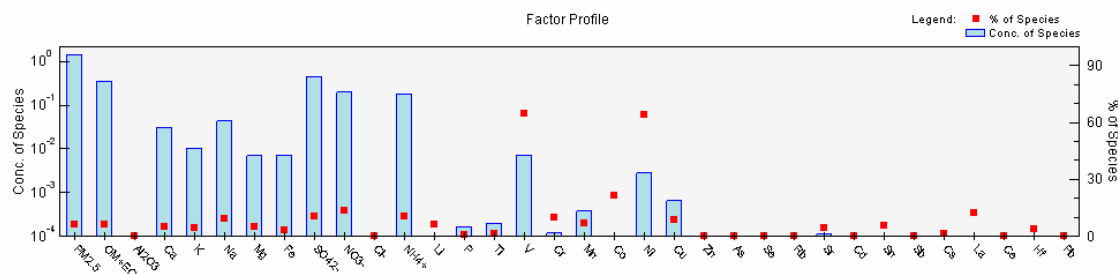
e) Perfil del factor de PM_{10} en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



f) Perfil del factor $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



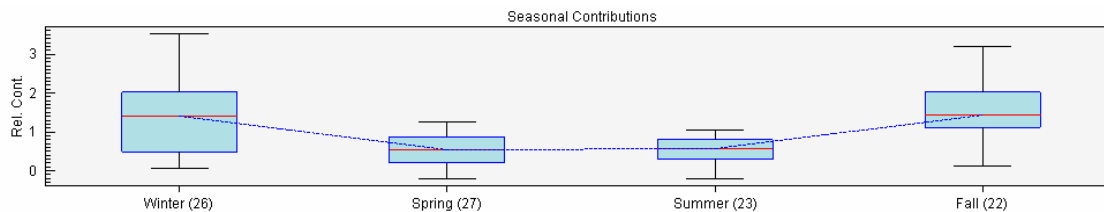
g) Perfil del factor $PM_{2.5}$ en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



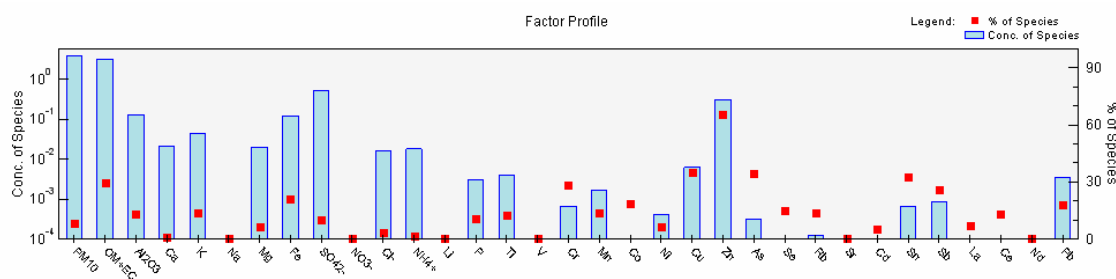
5. Resultados

Figura 5.55. Gráficos para el factor “central eléctrica e influencia local” como se provee por el software EPA PMF3.0.

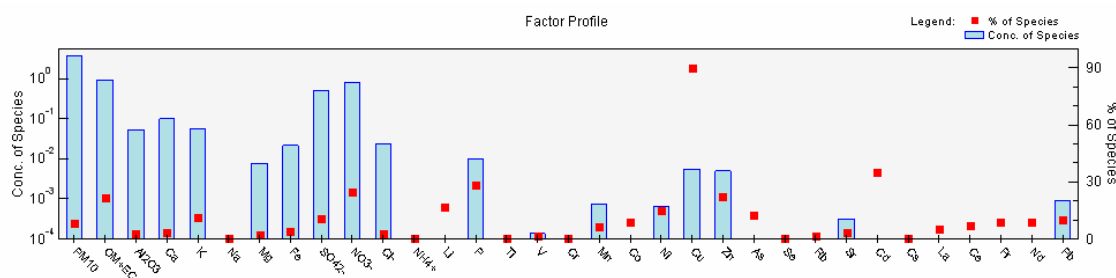
a) Contribuciones estacionales en el año para el factor “central eléctrica e influencia local” en el PM_{10} en Bastarache; el descenso en verano-primavera se repite mayoritariamente en el resto de estaciones de muestreo y tamaños de aerosol.



b) Perfil del factor PM_{10} en Bastarreche durante la campaña de muestreo 2004-2005.

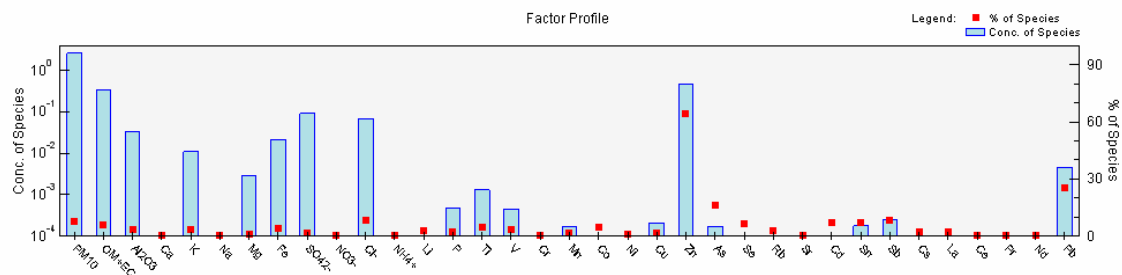


c) Perfil del factor de PM_{10} en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.

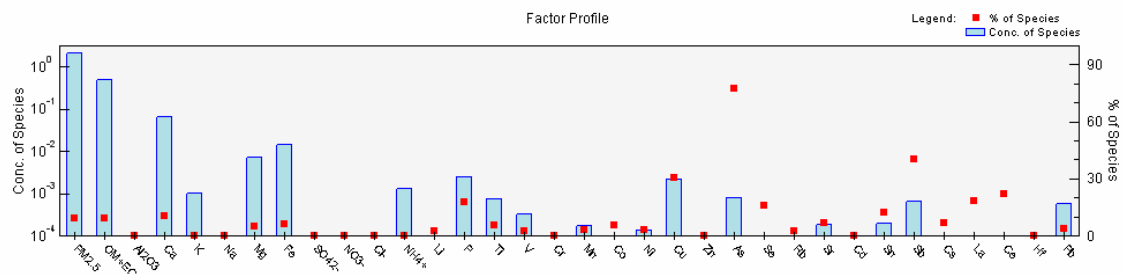


5. Resultados

d) Perfil del factor de PM_{10} en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



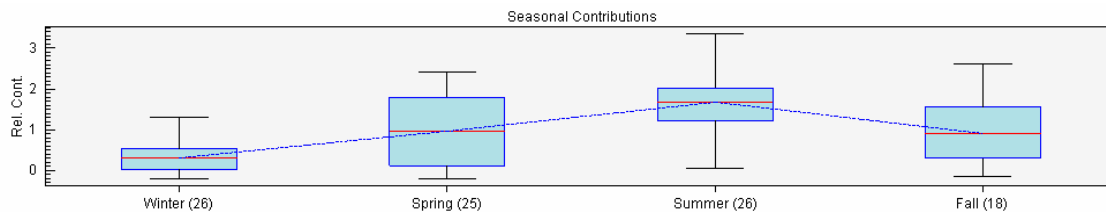
e) Perfil del factor $PM_{2.5}$ en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



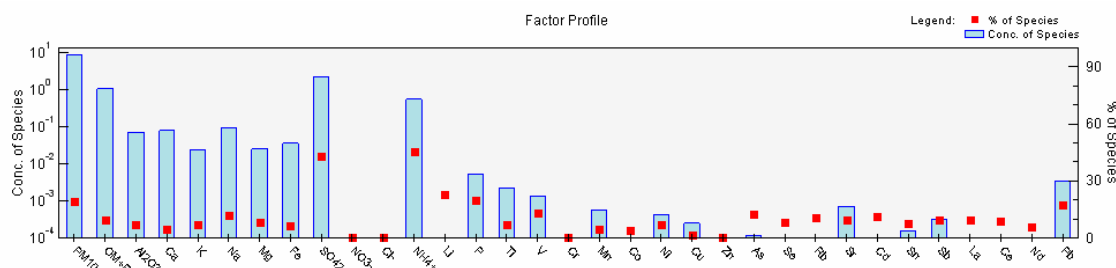
5. Resultados

Figura 5.56. Gráficos para el factor “SO₄²⁻ secundario” como los provee el software EPA PMF3.0.

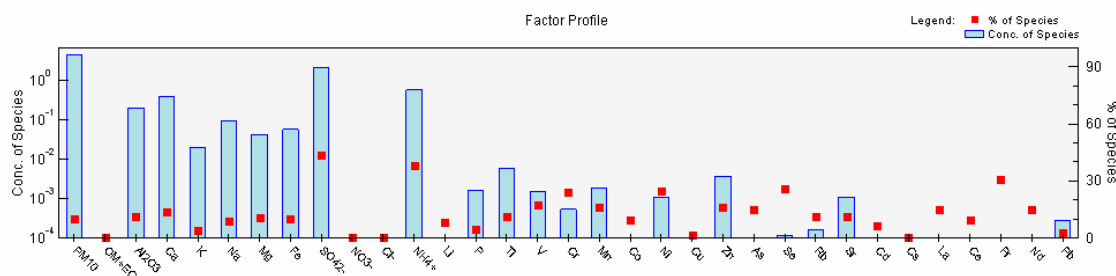
a) Contribuciones estacionales en el año para el factor “SO₄²⁻ secundario” en el PM_{2.5} en Mompeán; el máximo en verano-primavera se repite en el resto de estaciones de muestreo y tamaños de partícula.



b) Perfil del factor PM₁₀ en Bastarache durante la campaña de muestreo durante 2004-2005.

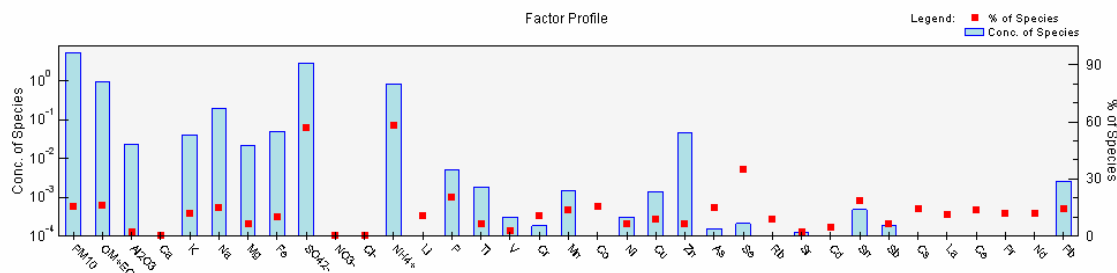


c) Perfil del factor de PM₁₀ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.

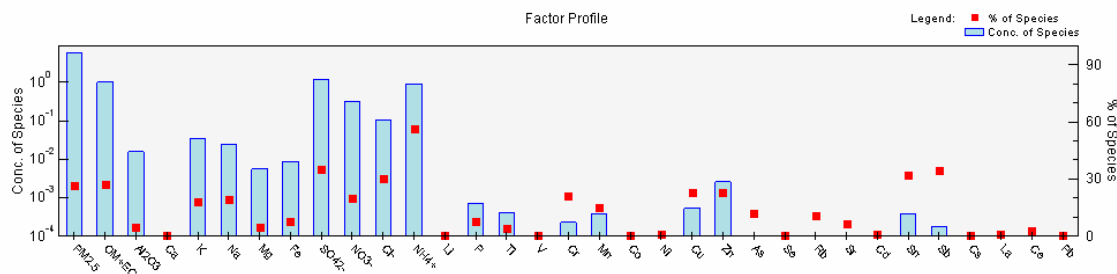


5. Resultados

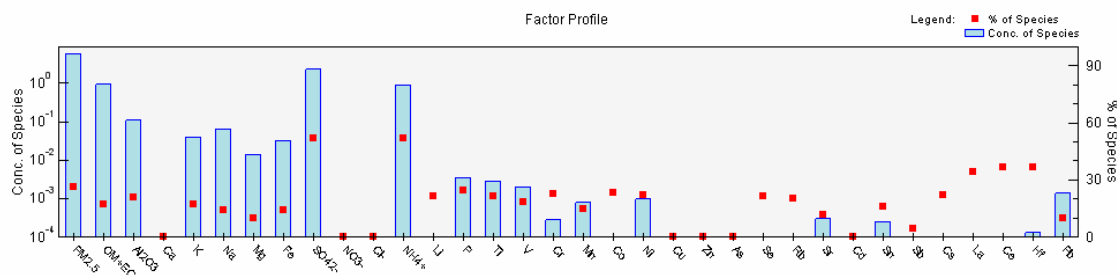
d) Perfil del factor de PM₁₀ en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



e) Perfil del factor PM_{2.5} en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



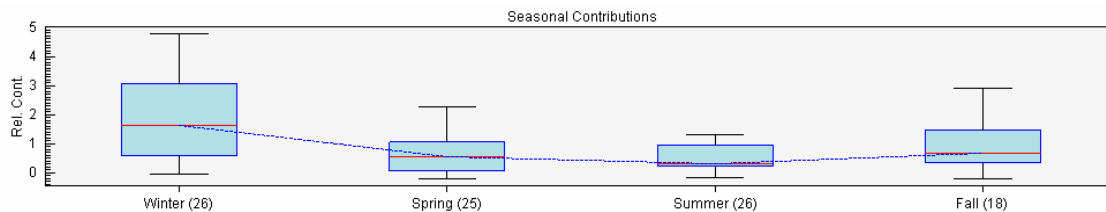
f) Perfil del factor PM_{2.5} en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



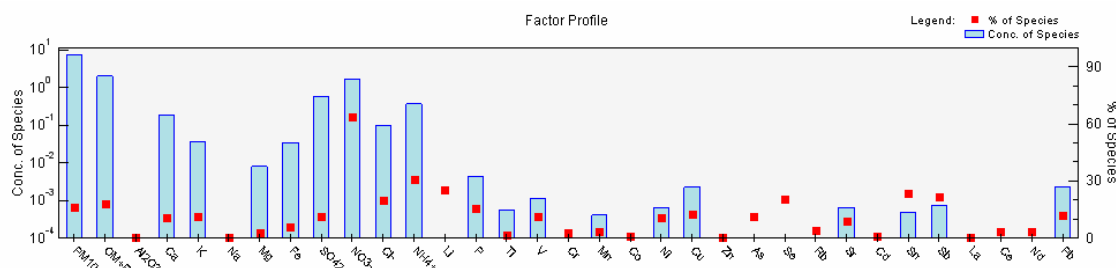
5. Resultados

Figura 5.57. Gráficos para el factor “NO₃⁻ secundario” como los provee el software EPA PMF3.0.

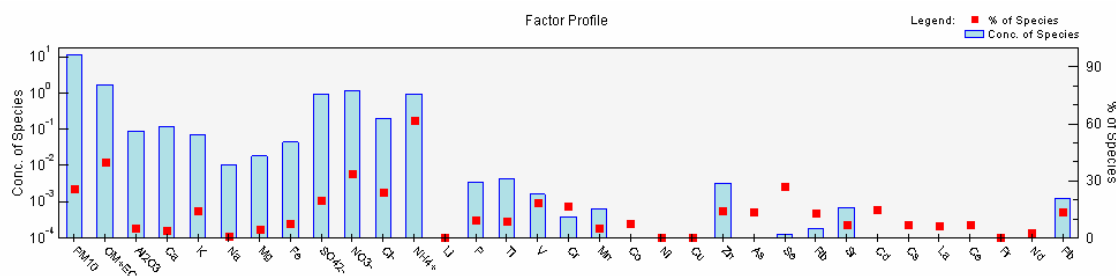
a) Contribuciones estacionales en el año para el factor “NO₃⁻ secundario” en el PM_{2.5} en Mompeán; el mínimo en verano-primavera se repite en el resto de estaciones de muestreo y tamaños de partículas.



b) Perfil del factor en el PM₁₀ en Basterreche durante la campaña de muestreo 2004-2005.

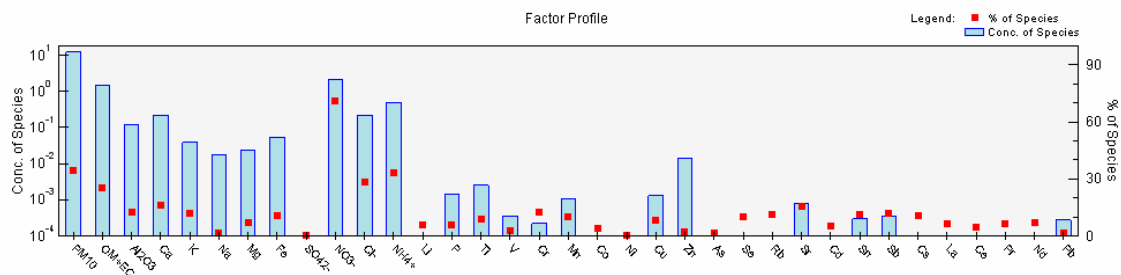


c) Perfil del factor en el PM₁₀ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.

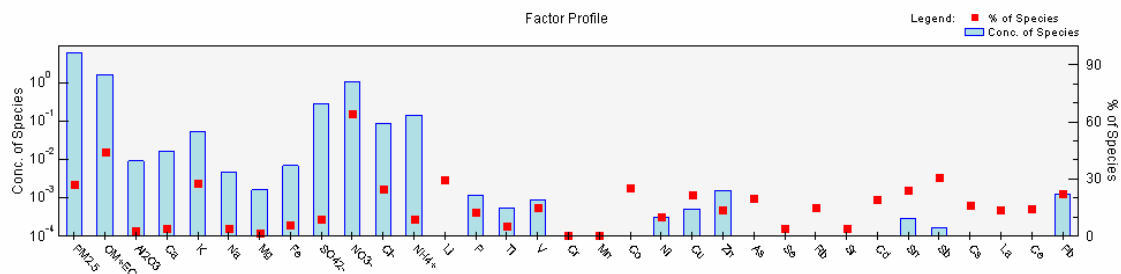


5. Resultados

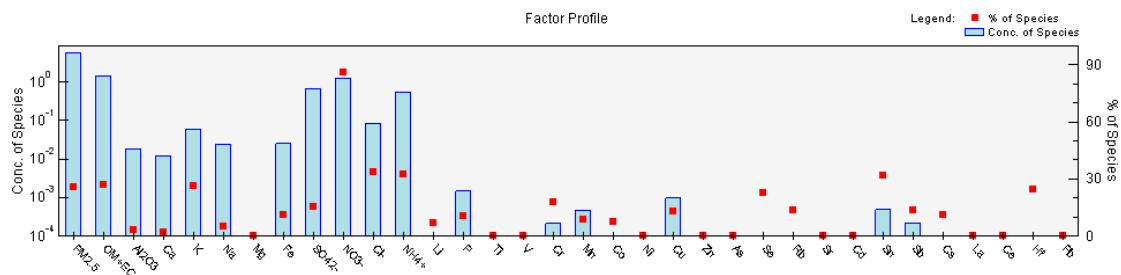
d) Perfil del factor en el PM_{10} en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



e) Perfil del factor en el $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



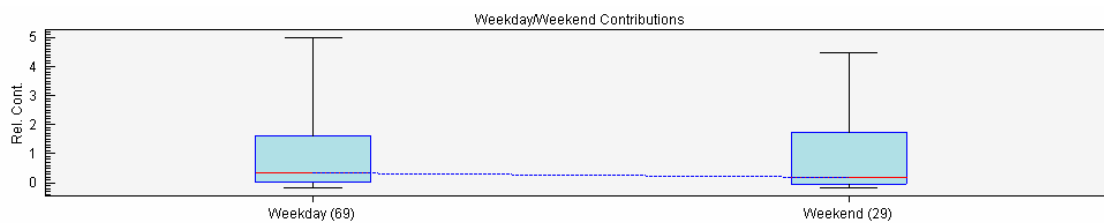
f) Perfil del factor en el $PM_{2.5}$ en Mompeán durante la campaña de muestreo 2006-2007.



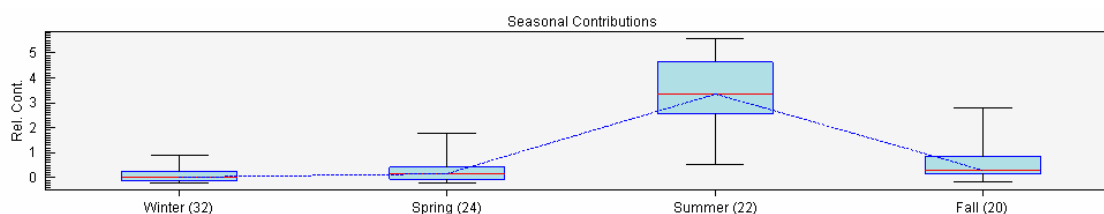
5. Resultados

Figura 5.58. Gráficos para el factor “construcción” como los provee el software EPA PMF3.0.

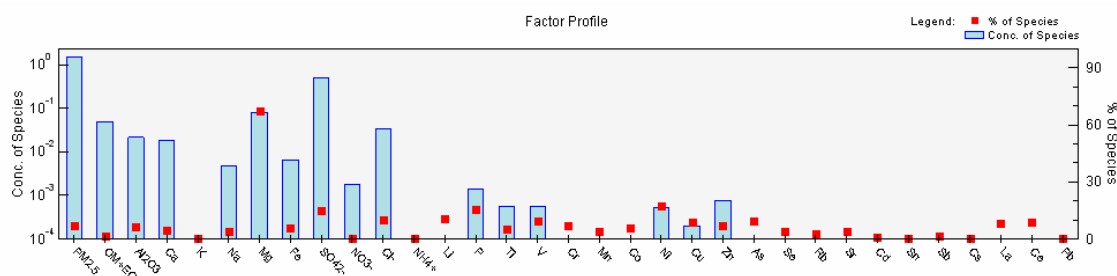
a) Contribuciones durante días laborales/fines de semana para el factor “refinería” en el $PM_{2.5}$ en Santa Ana.



b) Contribuciones estacionales en el año para el factor “construcción” en el $PM_{2.5}$ en Santa Ana.



c) Perfil del factor en el $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante la campaña de muestreo 2004-2005.



6. DISCUSIÓN

6. Discusión

6.1. Descripción de las variables

En el apartado “5.1.1. Descripción de las variables obtenidas en la red manual de aerosol en suspensión de Cartagena” se presentan los resultados de aplicar el test de Kolmogorov-Smirnov para el estudio de la normalidad o lognormalidad de las variables determinadas a partir de los filtros recogidos en la ciudad de Cartagena. Como se puede observar en las Tablas 5.1 y 5.2 y considerando la significación estadística del 0.05, se presentan a continuación las siguientes apreciaciones:

a) Cuando las variables se segmentan por tamaño.

En la fracción PM_{10} las variables $PM_{10}M$ (peso gravimétrico de los días coincidentes con algún tipo de análisis químico) y SO_4^{2-} , confirman la hipótesis de distribución normal, mientras que para las variables: OM+EC, Ca, K, Na, Mg, Fe, V, Mn, Ni, As, Sr, Cd, Sb y Pb presentan un comportamiento acorde a la distribución lognormal.

Para la fracción $PM_{2.5}$ se puede asumir una distribución normal en el $PM_{2.5}M$ (el peso gravimétrico de los días coincidentes con algún tipo de análisis químico), Ca_{sol} , K_{sol} , Na_{sol} , Mg_{sol} , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Se y Zr, mientras que la distribución lognormal se confirma en las variables $PM_{2.5}$ (es decir, el peso gravimétrico de todos los días con muestra válida), Al_2O_3 , Ca, K, Na, Mg, Fe, Ti, V, Ni, Zn, As, Rb, Sb y Pb.

Expresado de otra manera, se observa que las variables Ca_{sol} , K_{sol} , Na_{sol} , Mg_{sol} , Cl^- , F^- , Se y Zr tienen un patrón de distribución normal para la fracción $PM_{2.5}$ que pierden cuando se estudian en la fracción PM_{10} , no ajustándose en esta fracción estas variables a ninguna de las dos distribuciones estudiadas. Por otro lado, el peso gravimétrico de

6. Discusión

todos los días con muestra válida, Al_2O_3 , Ti, y Zn que se ajustan a la distribución lognormal en la fracción $\text{PM}_{2.5}$, pierden este comportamiento en la fracción PM_{10} , no ajustándose en esta fracción estas variables a las distribuciones estudiadas. Las variables OM+EC, Mn, Sr y Cd que se ajustan a la distribución lognormal para la fracción PM_{10} , la pierden al analizar su comportamiento en la fracción $\text{PM}_{2.5}$.

b) Cuando las variables se segmentan por tamaño y estación.

Para la fracción PM_{10} :

Bastarreche. Se ajustan a la normalidad PM_{10}M (el peso gravimétrico de los días que hay análisis químico), OM+EC, Ca, Mg, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Li, P, As, Sr, Sn y Sb. Presentan una distribución lognormal PM_{10} (el peso gravimétrico de todos los días con muestra válida), Al_2O_3 , K, Na, Fe, NO_3^- , Cl^- , Ti, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Cd, Ba, La, Ce y Pb.

Santa Ana. Confirman normalidad PM_{10} (el peso gravimétrico de todos los días con muestra válida), PM_{10}M (el peso gravimétrico de los días que hay análisis químico), OM+EC, SO_4^{2-} , P, Zn, As, Se y Zr. Se ajustan a la distribución lognormal Al_2O_3 , Ca, K, Na, Mg, Fe, NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Rb, Sr, Sb, Ba, La, y Pb.

Mompeán. Presentan una distribución de tipo normal PM_{10}M (el peso gravimétrico de los días que hay análisis químico), OM+EC, Ca_{sol} , K_{sol} , Na, Na_{sol} , Mg, Mg_{sol} , Fe, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , F^- , NH_4^+ , P, Cr, Mn, Co, Ni, Se, Sr, Zr, Sn, Ba, Pr, Tl, Th y U. Confirman la lognormalidad PM_{10} (el peso gravimétrico de todos los días con muestra válida), Al_2O_3 , Ca, K, Li, Ti, V, Cu, Zn, As, Rb, Cd, Sb, Cs, y Pb.

Para la fracción $\text{PM}_{2.5}$:

6. Discusión

Santa Ana. Las variables que presentan una distribución normal son $PM_{2.5}$ (el peso gravimétrico de todos los días con muestra válida), $PM_{2.5}M$ (el peso gravimétrico de los días que hay análisis químico), OM+EC, K, SO_4^{2-} , P y As. Confirman un comportamiento ajustado a la distribución lognormal Al_2O_3 , Ca, Na, Mg, Fe, NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, Ti, V, Ni, Rb, Sr, Sb y Pb.

Mompeán. Confirman normalidad $PM_{2.5}$ (el peso gravimétrico de todos los días con muestra válida), $PM_{2.5}M$ (el peso gravimétrico de los días que hubo análisis químico), OM+EC, Ca_{sol} , K_{sol} , Na_{sol} , Mg_{sol} , SO_4^{2-} , Cl^- , F, NH_4^+ , P, Co, Se, Zr, Ba, Hf, y U. Confirman lognormalidad Al_2O_3 , Ca, K, Na, Mg, Fe, Li, Ti, V, Mn, Ni, Zn, As, Rb, Sr, Y, Cd, Sn, Sb y Pb.

Por lo tanto, sólo son las variables peso de los días en que hay muestreo químico, OM+EC, SO_4^{2-} y P las que responden a un comportamiento de la distribución normal de manera consistente en todas las estaciones de muestreo y para los dos tamaños de partículas en estudio. Sin embargo, como se ha visto en los párrafos anteriores, es notorio que esta normalidad se pierde para OM+EC y P, cuando los datos son sólo segmentados por tamaños. Este hecho indicaría una diferencia en esas variables en la escala de la distribución de sus frecuencias entre estaciones, pues cada una de ellas es normal por separado, pero no así todas juntas.

Por otro lado, hay variables que nunca siguen el patrón de normalidad independientemente tanto de la fracción como del punto de muestreo: Al_2O_3 , Ti, V, Cu, Rb, Y, Cd, Cs, La, Ce, Nd, Pb y Mo. Esto también es observado así cuando las variables son segmentadas sólo por tamaños.

6. Discusión

El resto de las variables responden al patrón de distribución normal dependiendo de la fracción, de la estación de muestreo o ambos factores simultáneamente. Las especies Al_2O_3 , Ti, V, Rb y Pb responden a un comportamiento de la distribución lognormal de manera consistente en todas las estaciones y para los dos tamaños de partículas en estudio. Sin embargo, como se ha visto en los párrafos anteriores, esta lognormalidad se pierde cuando los datos son sólo segmentados por tamaños para Al_2O_3 , Ti y Rb en la fracción más gruesa de aerosol. Este hecho apuntaría a una diferencia en esas variables en la escala de la distribución de sus frecuencias entre estaciones, pues cada una de ellas es normal por separado pero no así las tres estaciones juntas en la fracción PM_{10} . Estas tres especies químicas son aportadas en los episodios de polvo africano (Andreae et al., 2003; Salvador et al., 2004; Moreno et al., 2006). Por otro lado, Rodríguez et al. (2001) comprobaron la acumulación preferente del polvo africano en la fracción PM_{10} frente al $\text{PM}_{2.5}$ en el sur y este de la Península Ibérica. Asumiendo la no exclusividad de fuente de estas especies en el origen pulverulento africano, más aun con una especie tan ubicua como el Al_2O_3 , se puede decir que la distribución lognormal, con la típica variación de su escala, podría estar reflejando la contribución a esas variables, tanto por ocurrencia del fenómeno como por la intensidad del mismo. El hecho de que sobre la fracción PM_{10} dichas variables sí sean lognormales cuando se segmentan las estaciones de muestreo pero no así cuando se unifican sus registros, sugeriría una ponderación de la influencia de la intrusión de las masas de aire africanas en la variable según la estación de control y vigilancia de la calidad del aire.

En ningún caso tras tomar logaritmos por haberse rechazado la hipótesis de normalidad responde a un patrón de distribución lognormal la variable Nd. Para el resto

6. Discusión

de las variables que bien, por el factor de fracción de aerosol, o bien, por el factor de estación de muestreo, no se comportan con el patrón de la distribución normal, se consigue que para alguno de estos factores se pueda asociar un comportamiento de distribución lognormal.

De manera intuitiva y al ir teóricamente recogida la “masa de sólo los días que hay algún análisis químico (PM_xM)” en la variable “masa de todos los días muestreados (PM_x)”, podría pensarse que el comportamiento de las distribuciones de ambas variables debe ser similar, ya que la diferencia entre PM_{10} y $PM_{10}M$, por una parte, y $PM_{2.5}$ y $PM_{2.5}M$, por otra, estriba en un menor tamaño de la muestra o, incluso en el caso de Santa Ana, no existe tal diferencia al coincidir el tamaño de muestra de análisis químico con el tamaño de muestra de la determinación gravimétrica (ver Tabla 4.1).

En cuanto al peso gravimétrico de los días coincidentes con algún análisis químico ($PM_{10}M$ y $PM_{2.5}M$), esta variable siempre muestra un patrón de distribución normal independientemente del tamaño de partícula o estación de muestreo. Ya se ha visto que cuando para cada tamaño de partícula se estudian conjuntamente los datos de todas las estaciones, la variable $PM_{10}M$ se comporta conforme a la distribución normal. Por su parte, el peso de todos los días de muestras válidas, PM_{10} , presenta un comportamiento normal o lognormal.

Tras esta exploración inicial de los datos, visto que el comportamiento es diferente para las distintas variables, e incluso para la misma variable en función del tamaño de partícula o la estación de muestreo, se ha optado por llevar a cabo el tratamiento estadístico a las variables sin ser sometidas a transformación alguna. Esta decisión se sustenta en los siguientes pilares:

6. Discusión

a) Los tests estadísticos aplicados al realizar la inferencia estadística son lo suficientemente robustos como para mantener su viabilidad aun cuando se viole el supuesto de normalidad en la distribución de la variable (Pagano, 2006).

b) El modelado del conjunto de variables en los estudios de contribución de fuentes a través de la factorización matricial por positivación (PMF) con el software utilizado en esta tesis, EPA PMF3.0, requiere la entrada de los valores de las variables sin ser sometidas a transformación alguna sobre la normalidad (Norris et al., 2008).

c) Mantener la mayor homogeneidad posible en el estudio de cada variable de tal manera que las comparaciones por distintos factores reduzcan su complejidad. En este sentido, además, los textos normativos requieren parámetros definidos en los que una distribución normal o lognormal no modifica el parámetro a evaluar; en consecuencia a ello, actúan los autores de diversos trabajos científicos (Artiñano et al., 2001).

La concentración de los analitos ofrecida en esta tesis ha sido revisada por el analista siguiendo los pertinentes controles que se indican en el apartado “4.2. Procesamiento de las muestras”. Como la concentración de SO_4^{2-} se puede obtener por los equipos instrumentales de cromatografía aniónica y del ICP-AES al aplicar los factores estequiométricos a la determinación del S, se ha debido escoger finalmente uno de ellos. Así, tras la evaluación de los resultados de los dos equipos instrumentales se optó por incluir en estos estudios los valores del ICP-AES.

6.2. Evolución espacial y temporal de las variables

La Figura 5.1 muestra la contribución de las variables más importantes a las fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$ en las distintas estaciones de muestreo siguiendo una clasificación propuesta por otros investigadores (Querol et al., 2005a, 2006) y que se ha usado en esta memoria. El porcentaje de masa de PM_{10} no recuperado por los análisis químicos oscila entre el 26% de Santa Ana y el 34% de Mompeán, siendo de un 29% para Bastarache, todos ellos por encima del rango de indeterminado encontrado en otros emplazamientos con la misma metodología (Viana et al., 2005; Alastuey et al., 2006). La estación de Mompeán se encuentra más próxima al mar, y por las mañanas, al establecerse la brisa mar tierra, está expuesta al impacto directo de estas masas de aire. Además, es de esperar que la atmósfera de una localidad costera tenga más humedad que otro lugar alejado de masas de agua. Así, la media de la humedad relativa para el periodo 1931-1980 en la ciudad de Murcia medida en el Observatorio de Guadalupe es 59% (INE, 1991); mientras que para Cartagena la media de los años 1992-1996 es del 75.2% (Guillén Pérez et al., 1999). Por otro lado, debido a la mayor humedad relativa en las poblaciones costeras de la Región los días en los que se registran precipitaciones son más numerosos que en los del interior, aunque las lluvias sean poco copiosas (Peñalver Sánchez, 1990). En esta línea se puede observar cómo se produce un incremento en el porcentaje de SIC y de aerosol marino en el desplazamiento del punto de muestreo de Bastarache a Mompeán. El aerosol marino y los SIC son compuestos higroscópicos (Seinfeld y Pandis, 1998; Ansari y Pandis, 2000; Ebert et al., 2002). La no cuantificación química de la posible agua que se hubiera pesado podría ser la causa de los altos valores de peso indeterminado encontrado en este estudio.

6. Discusión

La reducción de la concentración de PM_{10} al pasar de una estación orientada al tráfico a una de fondo urbano (Tabla 5.2) es fácil de explicar y se observa con nitidez con los datos disponibles (Figura 5.2). Redondeando a la unidad, el PM_{10} en Bastarreche (estación de tráfico) en 2004-2005 es $39 \mu gPM_{10}/m^3$ cuando en Mompeán en 2005-2008 es $32 \mu gPM_{10}/m^3$. Además, hay que señalar que la concentración de $32 \mu gPM_{10}/m^3$ está en el rango de las estaciones de fondo urbano en España y Europa (Querol et al., 2004a, 2004b). El cambio experimentado al trasladar el punto de muestreo desde Bastarreche a Mompeán, se ilustra nuevamente con el siguiente hecho: la concentración de OM+EC es $11.3 \mu gPM_{10}/m^3$ en Bastarreche y $6.2 \mu gPM_{10}/m^3$ en Mompeán (redondeadas a la décima). La combustión de combustibles fósiles en los motores, sobre todo de fuel oil, produce elevadas emisiones de carbono (Lough et al., 2007).

En el resto de las especies químicas la disminución de sus niveles desde el cambio de Bastarreche a Mompeán no es tan acusada si se produce descenso. Algunos metales traza, como es el caso del Zn, muestran un sensible aumento: de $504 ngPM_{10}/m^3$ en Bastarreche a $749 ngPM_{10}/m^3$ en Mompeán. Aunque se podría pensar inicialmente en un incremento de la actividad local de producción de zinc electrolítico, realmente ocurre lo contrario, pues la factoría ha estado sometida a un proceso de cierre, con una actividad discontinua, en la que a periodos de baja actividad han seguido otros de intensificación, situación que puede derivar en emisiones fugitivas esporádicas que sean las causantes de este incremento.

Los valores del $PM_{2.5}$ en Mompeán durante 2006-2007 de la Tabla 5.1e pueden compararse con los valores del $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante 2004-2005 que se presentan

6. Discusión

en la Tabla 5.1d. Las diferencias deberían incorporar el distinto tipo de estación y la distancia a las fuentes fijas (no difusas). En términos generales las concentraciones permanecen en la misma magnitud, con un ligero incremento en Mompeán. El $PM_{2.5}$, redondeando a la unidad, alcanza $22 \mu gPM_{2.5}/m^3$ en las dos estaciones; pero algunos elementos traza como Zn, Pb, Ba, Cu, P, V, Mn, o el caso de OM+EC, ofrecen niveles superiores en Mompeán frente a Santa Ana. Esto podría responder a las diferentes características de estaciones de fondo urbano y suburbano dentro de la ciudad; como ejemplo: los cambios en el tiempo en la producción de zinc electrolítico o la ubicación más cercana de Mompeán al polo industrial de Cartagena (es decir, el Polígono del Cabezo Beaza y el área del Valle de Escombreras).

La Figura 5.1e ilustra el gráfico de sectores para las fracciones químicas de $PM_{2.5}$ en Mompeán. El porcentaje de masa gravimétrica no recuperado por los análisis químicos en Mompeán (31%) está todavía por encima del rango normal encontrado en otros trabajos (Viana et al., 2005; Alastuey et al., 2006), aunque es inferior al porcentaje que se describe para el $PM_{2.5}$ de Santa Ana en la campaña 2004-2005 (34%) de la Figura 5.1d. La principal diferencia está en los SIC, pues representan el 23% en Mompeán cuando son el 31% en Santa Ana; OM+EC representa el 23% en Mompeán y el 18% en Santa Ana y la fracción mineral representa el 19% en Mompeán y el 14% en Santa Ana. El aumento de las fracciones OM+EC y mineral podría estar relacionado con el tráfico y la propia resuspensión del polvo que causa el tráfico (Sternbeck et al., 2002; Artíñano et al., 2004; Wåhlin et al., 2006).

6. Discusión

Cuando se comparan las fracciones químicas en PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Mompeán, hay un mayor porcentaje de fracción mineral, marina y elementos traza en PM_{10} ; mientras que el porcentaje es mayor para OM+EC y SIC en $PM_{2.5}$.

Finalmente, si se comparan las fracciones químicas del PM_{10} en Mompeán con esas fracciones en otras ciudades españolas, la estación de Cartagena estaría en el rango de las estaciones de fondo urbanas para cada una de las fracciones químicas. En cuanto al $PM_{2.5}$ en Mompeán, la fracción mineral ($4.7 \mu gPM_{2.5}/m^3$) y particularmente el NH_4^+ ($1.9 \mu gPM_{2.5}/m^3$) estarían por encima del rango de otras estaciones de fondo urbano de España (Querol et al., 2006). En Santa Ana también se describe un alto valor para la fracción mineral en el $PM_{2.5}$ ($3.1 \mu gPM_{2.5}/m^3$).

Tras la aplicación de los correspondientes tratamientos estadísticos para contrastar las diferencias espaciales, temporales y ambas simultáneamente sobre el conjunto de variables para las fracciones de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$, se presentan las siguientes apreciaciones:

- Evolución temporal de la fracción PM_{10} :

Podemos encontrar diferentes comportamientos, con significación estadística al 95%. Las variables PM_{10} (del 2004 a 2008 en este caso), $PM_{10}M$, OM+EC, Al_2O_3 , Ca, K, P, Ti, Cr, Co, Rb, Sr, Cs, La, Ce, Pr, Nd y Mo evolucionan con un descenso de las concentraciones desde el primer año (2004) al último (2007). Las variables Na, Na_{sol} , Mg_{sol} , Zn, As, Zr, Sn y Pb incrementan sus concentraciones desde el primer año (2004) al último (2007). Las variables Mg, Fe, SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Li, V, Mn, Ni, Cu, Y, Hf y Th muestran diferencias en las concentraciones medias entre los años extremos del periodo estudiado con los años intermedios, pero no entre el primero (2004) y el último

6. Discusión

(2007). Finalmente, los valores medios de las variables Ca_{sol} , K_{sol} , Cl^- , F^- , Se, Cd, Sb, Ba, Tl y U no muestran una variación temporal al nivel de significación aplicado.

- Evolución espacial de la fracción PM_{10} :

Considerando un p-valor de 0.05, las variables pueden alcanzar la mayor concentración en la estación de tráfico (Bastarreche): Con diferencias significativas sobre la estación de fondo suburbano (Santa Ana): Ni, Cu, Cd, Sb y Pb. Con diferencias significativas sobre la estación de fondo urbano (Mompeán): PM_{10}M , Cr, Co y Th. Con diferencias significativas sobre las estaciones de fondo suburbano y urbano simultáneamente: OM+EC y U.

El mayor valor medio se encuentra en la estación de fondo suburbano (Santa Ana): Con diferencias significativas sobre la estación de tráfico (Bastarreche): Mg, Y y Hf. Con diferencias significativas sobre la estación de fondo urbano (Mompeán): La, Ce, Nd y Mo. Con diferencias significativas sobre las estaciones de tráfico y fondo urbano simultáneamente: PM_{10} , Al_2O_3 , Ca, K, NO_3^- , Cl^- , Li, P, Ti, Rb, Sr, Cs y Pr.

Para unos pocos elementos, la mayor concentración se encuentra en la estación de fondo urbano (Mompeán): Con diferencias significativas sobre la estación de tráfico (Bastarreche): Na. Con diferencias significativas sobre la estación de fondo suburbano (Santa Ana): As. Con diferencias significativas sobre las estaciones de tráfico y fondo suburbano simultáneamente: Zn, Zr y Sn. No mostrando ningún tipo de diferencia significativa entre estaciones: Fe, SO_4^{2-} , NH_4^+ , V, Mn, Se, Ba y Tl.

- Evolución espacial para cada año de la fracción PM_{10} :

6. Discusión

En el año 2004 las mayores concentraciones se encuentran en la estación de punto negro para el tráfico (Bastarreche) para las variables OM+EC, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sb, Tl y Pb. Las variables PM_{10} , Al_2O_3 , Ca, K, Mg, NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, P, Ti, Rb, Sr, Y, Zr, Cs y Pr alcanzan los mayores valores en la estación de fondo suburbano (Santa Ana). Las variables $PM_{10}M$, Na, Fe, SO_4^{2-} , V, Cr, Mn, Co, Se, Sn, Ba, La, Ce, Nd, Hf, Th, U y Mo no muestran diferencias significativas entre estaciones.

En el año 2005 las variables PM_{10} (sólo hay diferencia significativa con Mompeán, pero no con Santa Ana), OM+EC, Fe, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Sb, Pb, Th, U y Mo tienen los mayores valores en la estación de punto negro para el tráfico (Bastarreche). Las variables Al_2O_3 , Ca, K, Na, Ti, Rb, Zr, Cs, La, Ce y Hf presentan los mayores valores medios en la estación de fondo suburbano (Santa Ana). Las variables $PM_{10}M$, Mg, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, P, V, Cr, Mn, Co, Ni, Se, Sr, Y, Ba, Pr, Nd y Tl no muestran ningún tipo de diferencia significativa entre estaciones.

- Evolución temporal en cada estación de muestreo de la fracción PM_{10} :

Considerando un p-valor de 0.05. En la estación de Bastarreche se observa una disminución de los valores medios entre 2004 y 2005 para las variables $PM_{10}M$, Al_2O_3 , Na, Mg, SO_4^{2-} , Ti, V, Co, Rb, Sr, Y, Zr, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Hf y Mo. El comportamiento contrario se da para las variables OM+EC, NO_3^- , Li, Sn, Sb, Tl y U. No se encuentran diferencias con significación estadística para las variables PM_{10} , Ca, K, Fe, Cl^- , NH_4^+ , P, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Ba, Pb y Th.

En la estación de Santa Ana, descienden las concentraciones desde 2004 a 2005 para las variables Na, Mg, V, Cr, Y, Sn, Pr y U. Aumentan para OM+EC, Hf y Tl. No hay diferencias estadísticamente significativas para PM_{10} , $PM_{10}M$, Al_2O_3 , Ca, K, Fe, SO_4^{2-} ,

6. Discusión

NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, P, Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Zr, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Pb, Th y Mo.

En Mompeán, descienden los valores medios anuales de 2006 a 2007 para las variables OM+EC, P, Sn y Mo. Aumentan para Na, Na_{sol} , Mg, Mg_{sol} , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , V, Co, Zr y Hf. No hay diferencias con significación estadística para PM_{10}M , Al_2O_3 , Ca, Ca_{sol} , K, K_{sol} , Fe, Cl^- , F^- , Li, Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Tl, Pb, Th y U. El PM_{10} es más alto en 2007, seguido de 2006, pero sin diferencias significativas; sólo presentan estos dos años diferencias significativas con los años 2008 y 2005.

- Evolución temporal de la fracción $\text{PM}_{2.5}$:

Considerando un p-valor de 0.05, las variables $\text{PM}_{2.5}$ (de 2004 a 2008 en este caso), Cl^- , F^- y Mo disminuyen las concentraciones medias entre su primer año (2004) y el último (2007). Se produce su aumento para las variables OM+EC, Ca, Na, Fe, SO_4^{2-} , P, V, Mn, Cu, Zn, As, Se, Sr, Y, Cd, Sb, Cs, Ba, Pb y U. Muestran variación con los años intermedios de la serie, pero no del primero (2004) al último (2007): Al_2O_3 , Mg, NH_4^+ , Li, Co, Ni, Sn, La, Ce, Pr, Nd, Hf, Tl y Th. No muestran diferencias significativas $\text{PM}_{2.5}\text{M}$, Ca_{sol} , K, K_{sol} , Na_{sol} , Mg_{sol} , NO_3^- , Ti, Cr, Rb y Zr.

- Evolución espacial de la fracción $\text{PM}_{2.5}$:

Los valores medios más altos se encuentran en la estación de fondo suburbano (Santa Ana) para las variables Cl^- , Hf y Mo. Para las variables OM+EC, Al_2O_3 , Ca, Na, Fe, SO_4^{2-} , P, V, Mn, Cu, Zn, As, Se, Sr, Y, Cd, Sb, Cs, Ba, Pb y U se encuentran los valores medios más altos en la estación de fondo urbano (Mompeán). No se encuentran

6. Discusión

diferencias entre estaciones para las variables $PM_{2.5}$, $PM_{2.5}M$, K, Mg, NO_3^- , NH_4^+ , Li, Ti, Cr, Co, Ni, Rb, Zr, Sn, La, Ce, Pr, Nd, Tl y Th.

- No se ha podido estudiar la evolución espacial en cada año en la fracción $PM_{2.5}$, ya que no hay datos suficientes disponibles de las estaciones (ver detalles en la Tabla 4.1).

- Evolución temporal en cada estación de muestreo en la fracción $PM_{2.5}$:

En Santa Ana se encuentra que las variables Mg, SO_4^{2-} , Y, Sn, La, Pr, Nd, Th y U disminuyen los valores medios desde 2004 a 2005. Las variables OM+EC, V, Zn, Hf y Tl incrementan sus valores medios. No muestran ninguna variación significativa con los años las variables $PM_{2.5}$, $PM_{2.5}M$, Al_2O_3 , Ca, K, Na, Fe, NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, P, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, As, Se, Rb, Sr, Zr, Cd, Sb, Cs, Ba, Ce, Pb y Mo.

En Mompeán se produce un descenso desde 2006 a 2007 para las variables $PM_{2.5}$ (en este caso el último año es 2008), Se, Sn, U y Mo. Se incrementan los valores para Na, SO_4^{2-} , F^- , NH_4^+ , V y Ni. No hay variación en las concentraciones medias para las variables $PM_{2.5}M$, OM+EC, Al_2O_3 , Ca, Ca_{sol} , K, K_{sol} , Na_{sol} , Mg, Mg_{sol} , Fe, NO_3^- , Cl^- , Li, P, Ti, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Hf, Tl, Pb y Th.

Se puede pensar que las variables que no muestran diferencias espaciales con significación estadística dentro del mismo año tengan un alcance homogéneo a todas las estaciones de medida; o bien son variables ubicuas o tienen gran alcance o dispersión. Entre ellas se encuentran especies químicas como SO_4^{2-} , V, Cr, Mn, Co, Se, Ba y Nd.

6.3. Influencia de los aportes de polvo africano sobre las variables

Con respecto a la intrusión de masas de aire africano y considerando la diferencia significativa con el p-valor de 0.05, los valores presentados en la Tabla 5.5 se pueden resumir así:

- En la fracción PM_{10} para todas las estaciones de muestreo juntas, comparando los valores de las variables para días con o sin intrusión, se produce un descenso de la concentración de las variables OM+EC y Mo durante la intrusión. Por el contrario, aumenta la concentración de la variable durante la intrusión para: PM_{10} , $PM_{10}M$, Al_2O_3 , Na, Mg, Mg_{sol} , Fe, SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Li, Ti, V, Mn, Ni, Zn, As, Se, Rb, Y, Zr, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd y Th. Por último, no muestran ninguna variación significativa con y sin intrusión: Ca, Ca_{sol} , K, K_{sol} , Na_{sol} , Cl^- , F^- , P, Cr, Co, Cu, Sr, Cd, Sn, Sb, Hf, Tl, Pb y U.

- En la fracción PM_{10} para todas las estaciones de muestreo juntas, cuando se compara la ratio de la variable dividida por la fracción crustal en días con y sin intrusión se observa un descenso en el valor de la ratio durante la intrusión para las variables OM+EC, Ca, Li, P, Cu, Sr, Sb y Mo. Se aprecia un aumento de la ratio durante la intrusión para Al_2O_3 , Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , Ti, V, Rb, Y, Cs, La, Ce, Pr, Nd y Th, no se observa variación significativa en la ratio cuando se toma como factor la presencia o ausencia de intrusión para las variables: PM_{10} , $PM_{10}M$, Ca_{sol} , K, K_{sol} , Na_{sol} , Mg_{sol} , NO_3^- , Cl^- , F^- , NH_4^+ , Cr, Mn, Co, Ni, Zn, As, Se, Zr, Cd, Sn, Ba, Hf, Tl, Pb y U.

Esta estrategia de comparar ratios de una especie química dividida por otra se encuentra en la bibliografía: así por ejemplo Bates et al. (2005) utilizaron los valores de la ratio K^+/EC (carbono elemental) como un marcador específico de la combustión de biomasa; Bergametti et al. (1989) emplearon la ratio Al/Si para episodios de polvo

6. Discusión

africano; o Herut et al. (2001) la ratio Ca/Al para investigar el origen de las partículas según diferentes litologías.

Hay que tener en cuenta que en los días de intrusión puede haber otras fuentes que pudieran estar emitiendo considerablemente los mismos analitos que son transportados por las masas de aire africanas.

- En la fracción PM_{10} , segmentando los datos por estación y comparando los valores de la variable en días con y sin intrusión se encuentra que para:

- Bastarreche, aumenta la concentración de la variable durante la intrusión para PM_{10} , $PM_{10}M$, Al_2O_3 , Mg, Fe, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Li, Ti, V, Rb, Sr, Y, Cs, La, Ce, Pr, Nd y Th. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: OM+EC, Ca, K, Na, NO_3^- , Cl^- , P, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Zr, Cd, Sn, Sb, Ba, Hf, Tl, Pb, U y Mo.

- Santa Ana, desciende la concentración de la variable OM+EC durante la intrusión. Aumenta la concentración de la variable durante la intrusión para: PM_{10} , $PM_{10}M$, Al_2O_3 , K, Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , Li, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, As, Rb, Sr, Y, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pb y Th. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: Ca, NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , P, Cu, Zn, Se, Zr, Cd, Sn, Sb, Cs, Hf, Tl, U y Mo.

- Mompeán, desciende la concentración de la variable durante la intrusión para Cu y Tl. Aumenta la concentración de la variable durante la intrusión: PM_{10} , $PM_{10}M$, Mg_{sol} , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Se, Zr y Hf. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: OM+EC, Al_2O_3 , Ca, Ca_{sol} , K, K_{sol} , Na, Na_{sol} , Mg, Fe, Cl^- , F^- , Li, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, As, Rb, Sr, Y, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pb, Th, U y Mo.

- En la fracción PM_{10} comparando la ratio de la variable dividida por la fracción crustal en días con y sin intrusión:

6. Discusión

- Bastarreche, desciende la ratio en la intrusión: OM+EC, Ca, Mn, Cu, Cd, Sn y Sb. Aumenta para las variables Al_2O_3 , Ti, Rb, La, Ce y Pr. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: PM_{10} , PM_{10}M , K, Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, P, V, Cr, Co, Ni, Zn, As, Se, Sr, Y, Zr, Cs, Ba, Nd, Hf, Tl, Pb, Th, U y Mo.
- Santa Ana, desciende la ratio en la intrusión para las variables: PM_{10} , PM_{10}M , OM+EC, Ca, P, Cu, Zn, As, Sr, Zr, Sn, Sb y Hf. Aumenta el valor del cociente en la intrusión: Al_2O_3 , Fe, Ti, Rb, La, Ce, Pr y Nd. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: K, Na, Mg, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, V, Cr, Mn, Co, Ni, Se, Y, Cd, Cs, Ba, Tl, Pb, Th, U y Mo.
- Mompeán, desciende el valor del cociente para las variables Ca y Cu. Aumenta para Al_2O_3 , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Zr, Hf y Th cuando hay intrusión. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: PM_{10} , PM_{10}M , OM+EC, Ca_{sol} , K, K_{sol} , Na, Na_{sol} , Mg, Mg_{sol} , Fe, Cl^- , F^- , Li, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Tl, Pb, U y Mo.
- En la Fracción $\text{PM}_{2.5}$, para todas las estaciones juntas y comparando los valores de la variable para días con o sin intrusión, se observa que se produce un descenso de la concentración de la variable durante la intrusión: Ca_{sol} , Cl^- , Li, Cr y Mo. Aumenta la concentración de la variable durante la intrusión: $\text{PM}_{2.5}\text{M}$, Al_2O_3 , Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Ti, V, Mn, Ni, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Th y U. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: $\text{PM}_{2.5}$, OM+EC, Ca, K, K_{sol} , Na_{sol} , Mg_{sol} , NO_3^- , F^- , P, Co, Cu, Se, Cd, Sn, Sb, Hf, Tl y Pb.

6. Discusión

- En la Fracción $PM_{2.5}$, para todas las estaciones juntas y comparando la ratio de la variable dividida por la fracción crustal en días con y sin intrusión se observa que desciende la ratio durante la intrusión: OM+EC, Ca, Ca_{sol} , NO_3^- , Cl^- y Mo. Aumenta la ratio durante la intrusión: Al_2O_3 , Mg, Fe, Ti, Ba, La, Ce y Pr. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: $PM_{2.5}$, $PM_{10}M$, K, K_{sol} , Na, Na_{sol} , Mg_{sol} , SO_4^{2-} , F⁻, NH_4^+ , Li, P, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Cd, Sn, Sb, Cs, Nd, Hf, Tl, Pb, Th y U.

- En la Fracción $PM_{2.5}$, segmentando los datos por estación y comparando los valores de la variable en días con y sin intrusión:

- Santa Ana, desciende la concentración de la variable OM+EC durante la intrusión. Aumenta la concentración de la variable durante la intrusión: Al_2O_3 , Mg, Fe, SO_4^{2-} , Ti, V, Mn, Ni, Rb, Sr, Ba, La, Ce y Pr. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: $PM_{2.5}$, $PM_{2.5}M$, Ca, K, Na, NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Li, P, Cr, Co, Cu, Zn, As, Se, Y, Zr, Cd, Sn, Sb, Cs, Nd, Hf, Tl, Pb, Th, U y Mo.

- Mompeán, desciende la concentración de la variable durante la intrusión para las variables: Ca, Ca_{sol} y Cl^- . Aumenta la concentración de la variable durante la intrusión: $PM_{2.5}M$, SO_4^{2-} , NH_4^+ , V, Ni, Zr, Hf y Th. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: $PM_{2.5}$, OM+EC, Al_2O_3 , K, K_{sol} , Na, Na_{sol} , Mg, Mg_{sol} , Fe, NO_3^- , F⁻, Li, P, Ti, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Tl, Pb, U y Mo.

- En la Fracción $PM_{2.5}$, segmentando los datos por estación y comparando la ratio de la variable dividida por la fracción crustal en días con y sin intrusión:

6. Discusión

– Santa Ana, desciende la ratio en la intrusión: $PM_{2.5}$, $PM_{2.5M}$, OM+EC, Ca, K, NO_3^- , Cl^- , P, Cu, Zn, Zr y Sb. Aumenta la ratio en la intrusión: Al_2O_3 , Mg, Fe, Ti y Ba. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: Na, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Li, V, Cr, Mn, Co, Ni, As, Se, Rb, Sr, Y, Cd, Sn, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Hf, Tl, Pb, Th, U y Mo.

– Mompeán. Desciende la ratio en la intrusión: Ca y Ca_{sol} . Aumenta la ratio en la intrusión: $PM_{2.5}$, $PM_{2.5M}$, Al_2O_3 , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Li, Ti, V, Ni, Rb, Zr, Cs, La, Ce, Pr y Hf. No muestra ninguna variación significativa con y sin intrusión: OM+EC, K, K_{sol} , Na, Na_{sol} , Mg, Mg_{sol} , Fe, NO_3^- , Cl^- , F, P, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, As, Se, Sr, Y, Cd, Sn, Sb, Ba, Nd, Tl, Pb, Th, U y Mo.

Respecto de la coincidencia de días de episodio de polvo africano con los muestreos químicos por campañas y atendiendo a la Tabla 5.56, se aportan las siguientes observaciones:

Bastarreche, 2004-2005. En 28 de los 98 días muestreados en PM_{10} hay episodios de polvo africano; en 45 de los 98 días se supera el valor límite diario de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y 17 de esos 45 días son simultáneos con episodios de polvo.

Santa Ana, 2004-2005. En 24 de los 92 días muestreados en PM_{10} hay episodio de polvo africano; en 29 de los 92 días muestreados se supera el valor límite diario de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y 13 de esos 29 días son simultáneos con episodio de polvo.

Mompeán, 2006-2007. En 41 de los 86 días muestreados en PM_{10} hay episodio de polvo africano; en 7 de los 86 días se supera el valor límite diario de $50 \mu gPM_{10}/m^3$ y 5 de esos 7 días son simultáneos con episodio de polvo.

6. Discusión

En la fracción $PM_{2.5}$ en Santa Ana durante la campaña 2004-2005, en 26 de los 98 días muestreados hay episodio de polvo africano.

En la fracción $PM_{2.5}$ en Mompeán durante la campaña 2006-2007, en 45 de los 95 días muestreados hay episodio de polvo africano.

La Figura 5.39b ilustra los niveles de PM_{10} , $PM_{2.5}$, la ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ multiplicada por un factor 15 y los días de episodio de polvo africano en la serie de muestreo en Mompeán en la campaña 2006-2007. En primer lugar se puede decir que bajo un episodio de polvo africano, es de esperar que la ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ descienda; la razón es el tamaño grueso predominante del material particulado durante las intrusiones de masas de aire africanas (Querol et al., 2008). A pesar de esto, si otras fuentes de partículas finas se acentúan durante los días de episodios de polvo, es posible que la ratio no muestre ningún descenso o incluso podrían aumentar su valor con relación a la importancia de cada contribución. Seguidamente y como consecuencia de la propia definición de PM_{10} y $PM_{2.5}$, la ratio de $PM_{2.5}/PM_{10}$ se espera que sea igual (el caso extremo) o menor que 15 (es decir, 1 si no se aplicase ningún factor multiplicativo); aunque este es el supuesto general, algunas especies químicas (por ejemplo NH_4^+) presentan más masa en $PM_{2.5}$ en lugar de PM_{10} debido a artefactos de muestreo (Querol et al., 2001b; Alastuey et al., 2004).

Al objeto de proporcionar un detalle complementario para la comprensión de lo que puede estar ocurriendo en términos de especiación química y distribución de tamaños de las partículas en días con y sin episodios de polvo se presentan las Figuras 6.1 y 6.2.

En la Figura 6.1 se ofrecen las ratios de cada especie; es decir, la concentración promedio en días con episodios de polvo dividida por la concentración promedio en días

6. Discusión

sin episodio de polvo. Un valor por encima de 1 indicaría que las especies tienen una concentración superior en días con episodio de polvo frente a días sin episodio de polvo. Al contrario, un valor inferior a 1 indicaría que las especies tienen una concentración inferior en días con episodio de polvo frente a días sin episodio de polvo.

Con valores de esta ratio en cuestión por encima de 1.2 en la fracción PM_{10} (es decir, 20% más de las especies químicas en días con episodio de polvo) están principalmente las Tierras Raras y SIC. Las primeras también aparecen destacadas en la PMF en el factor “Intrusión y otras contribuciones crustales” del apartado “5.5.2. Factorización matricial por positivación (PMF)”. Por otro lado, se ha encontrado que NH_4^+ , NO_3^- y SO_4^{2-} no marino incrementan sus concentraciones durante episodios de polvo africano debido a reacciones gas-partícula sobre el polvo mineral africano (Alastuey et al., 2005).

Con esta ratio por debajo de 0.8 en PM_{10} (es decir, 20% menos de las especies químicas en días con intrusión) aparecen Tl, As, Cd, Cu, Pb y Sb; las últimas tres también decrecen bajo episodios de polvo africano en Cartagena al comprobar sus valores en las Tablas 5.4 y 5.5, sugiriendo así un origen predominantemente local para estos elementos en el PM_{10} (Negral et al., 2008).

En cuanto al orden de las especies por el valor de sus ratios en $PM_{2.5}$ mantiene el mismo que el de los ratios en PM_{10} . Sin embargo, hay algunas variaciones notorias en $PM_{2.5}$: NH_4^+ , SO_4^{2-} no marino, La, Th, Ce, V, Ni, Bi y Cd tienen una intensificación pronunciada o moderada de la ratio cuando W, Se, Cl⁻, Mg, CO_3^{2-} y Ca tienen una ratio reducida o moderadamente reducida. Estas diferencias en las ratios en $PM_{2.5}$ y PM_{10} pueden ser consideradas atendiendo a lo siguiente:

6. Discusión

a) Reacciones químicas de especies ácidas de azufre con finas partículas con cloro que resultan en la pérdida de cloro y acumulación de aerosoles sulfatados (Pio y Lopes, 1998). Este mismo mecanismo podría estar igualmente afectando a especies carbonatadas.

b) Presencia de algún artefacto negativo en PM_{10} con respecto a $PM_{2.5}$. Este es el caso típico para NH_4^+ (Querol et al., 2001b; Alastuey et al., 2004). Por este motivo, una ya importante ratio en PM_{10} podría intensificarse en $PM_{2.5}$ si la acumulación de la especie es mayor en $PM_{2.5}$.

c) Aportes simultáneos de otras fuentes. Pey Betrán (2007) atribuyó la presencia de V y Ni en $PM_{2.5}$ durante episodios de polvo africano que afectaban a las Islas Baleares a actividades portuarias. Mamane et al. (2008) sugirieron que la causa de la presencia de estas especies en Israel durante tormentas de polvo estaría en entradas desde fuentes considerables de Ni y V como centrales eléctricas y refinerías.

d) Presencia de las especies químicas en el polvo africano. Alastuey et al. (2005) encontraron Ni en polvo africano en las Islas Canarias. En ese estudio la ratio $PM_{2.5}/TSP$ fue 0.15 para Ni durante el episodio de polvo. Suponiendo que la acumulación de Ni es predominante en las fracciones finas, puede esperarse una mayor ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ en comparación con $PM_{2.5}/TSP$. La ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ en Mompeán para días con intrusión fue alrededor de 1, mientras que en días sin episodio de polvo no alcanzó 0.8 (Figura 6.2). Algo similar podría estar ocurriendo con Bi y Cd. El mismo estudio de Alastuey et al. (2005) describe importantes concentraciones bajo intrusiones de masas de aire africanas en Izaña para Bi con $1.6 \text{ ngPM}_{2.5}/\text{m}^3$ y para Cd con $0.5 \text{ ngPM}_{2.5}/\text{m}^3$ si se comparan con los sólo $0.6 \text{ ngPM}_{2.5}/\text{m}^3$ para Bi y los $0.2 \text{ ngPM}_{2.5}/\text{m}^3$

6. Discusión

para Cd en la estación con influencia antrópica de Santa Cruz. Las ratios $PM_{2.5}/TSP$ para Bi fueron 0.35 y 0.38 en Izaña y Santa Cruz, cuando fueron 0.78 y 0.82 para el Cd en Izaña y Santa Cruz, respectivamente.

Alastuey et al. (2004) también encontraron más cantidad de SO_4^{2-} no marino, OC+EC, P, Ba y Zn en $PM_{2.5}$ que en PM_{10} en el noreste de España. Estos autores consideraron problemas con el muestreo de aire y la eficiencia de los cabezales de corte, pero también la distribución fina prioritaria para estas especies. Después de revisar los resultados y en vista de las variaciones en la ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ para V y Ni en días con intrusión y sin ella (Figura 6.2), es improbable ningún problema en el procedimiento.

6.3.1. Consideraciones al procedimiento de descuento de la carga en los episodios de polvo africano en Cartagena sobre los niveles de PM_{10}

A la hora de aplicar la metodología de descuento de la carga de polvo africano propuesta en el apartado “4.4.2. Procedimiento de cuantificación de la carga neta de polvo africano sobre los niveles de PM_{10} ”, han aparecido algunas desviaciones al procedimiento usual utilizado en estos estudios, que se han solventado como se indica en el apartado “5.4.3. Estimación de la carga de polvo africano en PM_{10} ”.

6. Discusión

Figura 6.1. Ratios de la concentración media de las especies en días con episodio de polvo africano dividida entre la concentración media de esas especies en días sin polvo africano. Estos ratios se calculan para cada especie en las fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$. “ug/m3” significa la ratio para la masa de PM_{10} y $PM_{2.5}$, “nmSO4” indica SO_4^{2-} no marino y “mSO4” SO_4^{2-} marino.

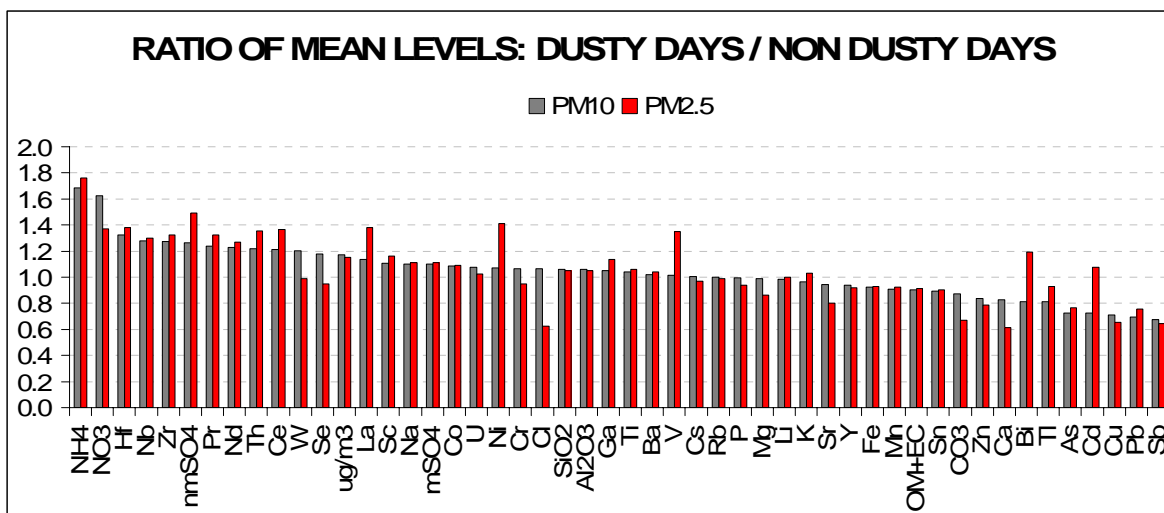
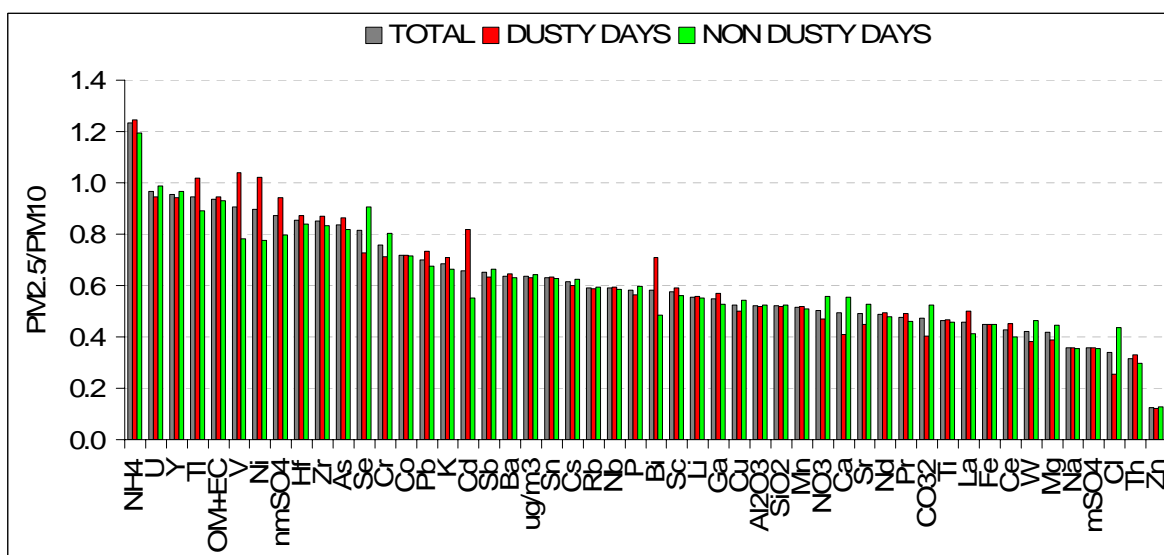


Figura 6.2. Ratios de la concentración $PM_{2.5}/PM_{10}$ clasificados según la presencia de intrusión de masas de aire africano (DUSTY DAYS), la ausencia (NON DUSTY DAYS) y sin segmentar los casos por esta distinción (TOTAL). “ug/m3” significa la ratio para la masa de las dos fracciones de material particulado, “nmSO4” indica SO_4^{2-} no marino y “mSO4” SO_4^{2-} marino.



6. Discusión

Un estudio de las limitaciones a esta metodología para una red de seguimiento de la contaminación atmosférica ya lo recoge Pey Betrán (2007), quien valida el método en estaciones de Barcelona. En sus postulados establece que la incidencia más relevante de esta metodología está en que las estaciones de fondo regional de referencia se ubican normalmente en altitudes que pueden variar considerablemente de las de las estaciones para las que pretenden ser referentes. Lo que ello puede conllevar es que la carga de polvo impactante para un día determinado sea mayor en la estación de referencia que la que realmente se está recogiendo en estaciones a menor altura. La causa de esta situación están en el desfase temporal que motiva el tiempo en que las partículas alcanzan el suelo (Escudero et al., 2005), pues las intrusiones pueden aparecer a distintas altitudes desde las que evolucionan, tal como se refleja en los modelos de seguimiento de dichos episodios (Kallos et al., 1997; Nickovic et al., 2001; Pérez et al., 2006a, 2006b).

En el caso particular de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Región de Murcia y, particularmente, para las estaciones de Cartagena, los problemas estructurales vendrían de la representatividad de las estaciones de fondo regional de referencia de las que se sirve Cartagena (y la provincia de Murcia): Níjar, Vízcar y Zarza. Hay ocasiones en que los episodios no se dan de modo simultáneo en las estaciones de referencia y en Cartagena. Una primera medida sería implantar una estación de muestreo de fondo regional de referencia más próxima o ajustada a Cartagena (y a su provincia). Para este supuesto la estación de Caravaca podría ser candidata en el futuro.

6.3.2. Influencia del viento en los episodios de polvo africano sobre las variables

El encajonamiento topográfico que circunda a la ciudad de Cartagena limita los regímenes de vientos que llegan a la villa. Así, genéricamente, en la rosa de los vientos de la ciudad, destacan los vientos de componente del primer y tercer cuadrante, aunque en la estación meteorológica situada en el edificio administrativo del Ayuntamiento de Cartagena (C/ Sor Francisca Armendáriz) la rosa de los vientos muestra una importante contribución de la componente norte y sur (Moreno Grau, 1998). Por eso se han agrupado los vientos como de componente “norte”, para las direcciones entre 325 y 25°, o de componente “sur”, para el rango entre 145 y 215°. Este agrupamiento que los accidentes geográficos vienen a imponer al viento motiva que sea sur la dirección natural de entrada de las masas de aire portadoras de polvo africano en Cartagena. La septentrional disposición de la ciudad respecto de África así lo justifica. Sin embargo, es posible que los bucles y recirculaciones mesoescalares de las masas de aire puedan precisar ese patrón macroescalar. En esta línea, masas de aire que entrasen con componente este desde el Mediterráneo, a nivel de superficie lo harían por la depresión que supone el Mar Menor, por lo que en realidad llegan a la ciudad por el norte según la agrupación que aquí se ha establecido.

Otra apreciación es que la masa de aire tiene origen africano, pero atraviesa el espacio intercontinental marino, se envejece y experimenta reacciones químicas que la van alejando de la composición inicial que tenía inmediatamente al producirse la resuspensión del polvo desértico. Estas reacciones generadoras de SIC y las nuevas incorporaciones de partículas irán dotando a la masa de aire de las características de la habitual composición del aerosol en Cartagena a medida que se aproxima a la ciudad. El

6. Discusión

perfil local se irá acentuando con el mayor tiempo de residencia de la masa de aire sobre Cartagena y hasta la variación de las condiciones sinópticas que propicien una renovación de la masa de aire.

Con estas premisas se puede intuir que especies químicas que sean marcadoras de la intrusión, y guardando las puntualizaciones micro y mesoescales, deberían tener una procedencia sur.

Tal como se indica en el apartado de resultados “5.1.3.1. Influencia del viento en las variables con diferencias significativas con y sin intrusión”, las variables con diferencias significativas en días con y sin intrusión (p-valor 0.05) y la ratio de esas variables divididas por la fracción crustal presentan a su vez diferencias significativas en el test de Kruskal-Wallis con p-valor = 0.05 para el factor viento como se resume a continuación (Tablas 5.6 y 5.7):

- Fracción PM_{10} , considerando los datos de todas las estaciones juntas y comparando los valores de la variable según la dirección del viento: La concentración de la variable es mayor en el dominio “sur”, esto ocurre para: PM_{10} , PM_{10M} , Al_2O_3 , Na, Mg, Mg_{sol} , Fe, SO_4^{2-} , Li, V, Mn, Ni, As, Cs, La, Pr, Nd, Th y Mo. La concentración de la variable es mayor en el dominio “resto” para Y y Zr. La concentración de la variable es mayor en el dominio “dominios iguales”, es decir, cuando las situaciones norte, sur o resto tienen la misma frecuencia: NH_4^+ y Zn. Todas las diferencias indicadas significativas son al 95%, p-valor < 0.05.

- Fracción PM_{10} , considerando los datos de todas las estaciones juntas, comparando la ratio de la variable dividida por la fracción crustal según la dirección del viento: La ratio es mayor en el dominio “norte” para las variables: OM+EC, Ca y Sb. La

6. Discusión

ratio es mayor en el dominio “sur”: V y La. La ratio es mayor en el dominio “resto”: Al_2O_3 , Na, Mg e Y. La ratio es mayor en el dominio “dominios iguales”: Mo. Todas las diferencias indicadas significativas son al 95%, $p\text{-valor} < 0.05$.

- Fracción PM_{10} , segmentando los datos por estación de muestreo y comparando los valores de la variable según la dirección del viento:

- Bastarrece: La concentración de la variable es mayor en el dominio “norte”: OM+EC y Cu. La concentración de la variable es mayor en el dominio “sur”: Na, Mg, V y Ni. La concentración de la variable es mayor en el dominio “resto”: Hf, todas las diferencias indicadas son significativas al 95%, $p\text{-valor} < 0.05$. Sin embargo, para “dominios iguales” ninguna variable muestra los mayores valores con significación estadística al 95%.

- Santa Ana: La concentración de la variable es mayor en el dominio “sur”: PM_{10} , PM_{10}M , Al_2O_3 , Mg, Ti, V, Cr, Co, Ni, Rb, Sr, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd y Th, todas las diferencias indicadas son significativas al 95%, $p\text{-valor} < 0.05$. Para ninguno de los restantes test realizados se ha encontrado que el mayor valor para alguno de los dominios de viento (“norte”, “resto” y “dominios iguales”) alcance significación estadística al 95%, $p\text{-valor} < 0.05$.

- Mompeán: La concentración de la variable es mayor en el dominio “norte”: OM+EC y Cu. La concentración de la variable es mayor en el dominio “sur”: Na, Mg, Mg_{sol} y Pb. La concentración de la variable es mayor en el dominio “dominios iguales”: PM_{10} y Tl, todas ellas con $p\text{-valor} < 0.05$. Ninguna variable muestra los mayores valores medios con significación estadística, $p\text{-valor} < 0.05$, para la agrupación del viento denominada “resto”.

6. Discusión

- Fracción PM_{10} , considerando los datos por estaciones de muestreo y comparando la ratio de la variable dividida por la fracción crustal según la dirección del viento.
 - Bastarreche: La ratio es mayor en el dominio “norte”: OM+EC, Mn y Sn. La ratio es mayor en el dominio “sur”: La. La ratio es mayor en el dominio “dominios iguales”: Fe, Cd y Sb. Todos ellos con significación estadística al 95%.
 - Santa Ana: La ratio es mayor en el dominio “norte”: Hf. La ratio es mayor en el dominio “dominios iguales”: OM+EC, Cd y Sb; p-valor < 0.05.
 - Mompeán: La ratio es mayor en el dominio “norte”: Fe, Rb y Sb. La ratio es mayor en el dominio “sur”: Sr; p-valor < 0.05.
- Fracción $PM_{2.5}$, considerando los datos de todas las estaciones juntas, comparando la variable según la dirección del viento. La concentración de la variable Cl⁻ es mayor en el dominio “norte”, es mayor en el dominio “sur”: SO_4^{2-} , Li, V y Ni; es mayor en el dominio “resto”: Na; y es mayor en el dominio “dominios iguales”: Al_2O_3 , Mg, Ti, Cr, Sr, La, Ce, Pr, Nd y Th; p-valor < 0.05.
- Fracción $PM_{2.5}$, considerando los datos de todas las estaciones juntas, comparando la ratio de la variable dividida por la fracción crustal según la dirección del viento: La ratio es mayor en el dominio “norte”: OM+EC, Fe, NO_3^- y Cl⁻; y es mayor en el dominio “resto” para el Mg; p-valor 0.05.
- Fracción $PM_{2.5}$, segmentando los datos por estación de muestreo y comparando los valores de la variable según la dirección del viento.
 - Santa Ana: La concentración de la variable es mayor en el dominio “sur”: Al_2O_3 , Ca, Ti, V, Ni, Rb, Sr, La, Ce y Th; y para Mg en el dominio “resto”; p-valor 0.05.

6. Discusión

– Mompeán: La concentración de la variable OM+EC es mayor en el dominio “norte”, es mayor en el dominio “sur”: V y Ni; y es mayor en el dominio “dominios iguales”: Mg, La y Th; p-valor 0.05.

- Fracción $PM_{2.5}$, considerando los datos por estaciones de muestreo y comparando la ratio de la variable dividida por la fracción crustal según la dirección del viento.

– Santa Ana: La ratio es mayor en el dominio “norte”: $PM_{2.5}$, $PM_{2.5}M$, OM+EC, K, Fe, NO_3^- , Cl^- , Zn, Rb, Sb, Cs y Hf; y mayor en el dominio “dominios iguales” para la variable SO_4^{2-} ; p-valor 0.05.

– Mompeán: La ratio es mayor en el dominio “norte” para la variable K; es mayor en el dominio “sur”: Mg, V, Ni y Sb; es mayor en el dominio “resto” para Rb; y mayor en el dominio “dominios iguales” para NO_3^- ; p-valor 0.05.

Al revisar la Tabla 5.6 se observa que el número de casos con dominios de viento definidos como “resto” (código 3) y “dominios iguales” (código 4) es minoritario en la campañas de muestreo. Por la propia definición de estos dominios y la fuerte presencia de los otros, se podría pensar que son característicos de condiciones en las que el viento sopla de manera no habitual en Cartagena. Atendiendo a esto, especies químicas que alcancen los mayores valores en estos dominios no sería de extrañar que marcaran un carácter local o resuspensión, aunque el bajo número de casos en los que se da esta situación hace que se plantee como posible hipótesis y no se pueda afirmar.

6.4. Determinaciones de niveles de contaminantes en continuo

Como puede observarse en las Figuras 5.4 y 5.5 los valores medios anuales de TSP no varían de modo notable a lo largo del tiempo presentado. Cabe destacar, por un lado, cómo los valores medios anuales de Santa Ana muestran un pronunciado incremento (de 17 a 28 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$) desde 1998 hasta 1999, comportamiento contrario al producido en La Asomada (30 a 27 $\mu\text{gTSP}/\text{m}^3$), que es una estación de la misma tipología. Un incremento en las concentraciones medias anuales de 1998 a 1999 también se produce, con intensidad variable, en Bastarache, San Ginés, Alumbres y Lo Campano. De todas estas estaciones Santa Ana es la más alejada de la zona industrial cercana a la ciudad, el resto de las estaciones señaladas se encuentran en el área de influencia de las diferentes actividades industriales desarrolladas en la zona. Ahora bien, la estación de Santa Ana se encuentra en un polígono residencial de nueva construcción, que en los años en los que se centra este estudio experimentó una intensa actividad de construcción. Por otro lado, se produce el descenso en los valores medios anuales para las TSP en Bastarache entre los años 2001 a 2002, lo que refleja el efecto del cierre de una cercana fábrica de producción de fertilizantes en diciembre de 2001.

La variación temporal de los niveles de PM_{10} en La Unión (Figura 5.6) podría revelar un problema en el equipo de medida, ya que la profunda caída de 1998 a 1999 (33 a 11 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$) y los siguientes valores extremadamente bajos hasta 2004 (un rango de 6 a 14 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$) no se repiten en ningún otro punto de muestreo para ninguno de los tamaños de partículas.

En la Figura 5.7 se puede observar cómo la evolución de los valores medios anuales es simultánea y ascendente en todas las estaciones de Cartagena excepto en

6. Discusión

Escombreras. En esta estación, después de un máximo local en 2006 ($63 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$), la concentración media anual empieza a descender. En el año 2007 los equipos de medida son trasladados a una nueva posición dentro de la zona; para 2008 la concentración retorna al rango de las otras estaciones en la ciudad. Este comportamiento en el área de Escombreras no se observa en la fracción TSP en los años previos. Los bajos valores de TSP en Escombreras durante los primeros años de la serie anual, por ejemplo sólo $33 \mu\text{gTSP}/\text{m}^3$ en 1999, y la pequeña diferencia entre TSP y PM_{10} en 2004, es decir $36 \mu\text{gTSP}/\text{m}^3$ frente a $35 \mu\text{gTSP}/\text{m}^3$, podrían sugerir algún problema de muestreo en TSP en esta estación.

Los niveles promedio de SO_2 en estaciones rurales y suburbanas son inferiores que aquellos valores de SO_2 medidos en estaciones urbanas o suburbanas con gran influencia industrial. Las primeras varían entre $5\text{-}13 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ en San Basilio y La Unión, respectivamente, mientras que las últimas varían entre $7\text{-}27 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ en Escombreras y Bastarreche, respectivamente. Los resultados en San Basilio y La Unión son consistentes, puesto que San Basilio, de modo contrario a lo que ocurre en la Unión, tiene menos influencia industrial. La Figura 5.10 ilustra cómo las concentraciones de SO_2 en estaciones rurales y suburbanas sin gran influencia industrial permanecen estables a lo largo de la década. La salvedad se presenta en La Unión, estación que recoge el rango más amplio ($8\text{-}21 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$) causado probablemente por percances en la adquisición de los datos. Avala esta afirmación el hecho de no existir ningún valor para el año 2004. Las concentraciones de SO_2 en estaciones urbanas y con gran influencia industrial (Figura 5.11) ofrecen un rango más amplio de valores durante la década (desde $3 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ en La Aljorra en 2006 a $52 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ en Bastarreche en

6. Discusión

1999). Además de esto, Alumbres tiene los segundos valores más altos (11-32 $\mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$), mientras Escombreras casi los más bajos (5-13 $\mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$). En vista de la proximidad entre Alumbres y Escombreras, su disparidad en SO_2 y la anormalidad de otros parámetros en Escombreras, se puede sugerir un papel preponderante a los errores de muestreo sobre otros factores como los topográficos.

Los niveles de NO_x en el grupo de las estaciones rurales y suburbanas fluctúan entre 12-59 $\mu\text{gNO}_x/\text{m}^3$ en Caravaca y San Basilio (punto de muestreo en el que aparecen frecuentemente datos perdidos). En el grupo de las estaciones urbanas y suburbanas con gran influencia industrial, entre 26-115 $\mu\text{gNO}_x/\text{m}^3$ en La Aljorra y Bastarache, respectivamente. Estos valores están claramente condicionados por la intensidad del tráfico en cada área de muestreo. Los gráficos de niveles de NO_x (Figura 5.12 y Figura 5.13) ilustran que Bastarache presenta los niveles mayores de este gas (84-187 $\mu\text{gNO}_x/\text{m}^3$). Esto es razonable ya que Bastarache es una estación de tráfico.

El efecto del traslado de los equipos de muestreo en 2005 desde Bastarache a Mompeán, dentro de la misma zona, pero evitando su posición central en un cruce de vías, se ejemplifica en Mompeán con el descenso de NO_x como consecuencia de esa menor influencia del tráfico. En general, las estaciones muestran una tendencia a incrementar los niveles de este contaminante a lo largo del periodo analizado, salvo en Caravaca, pero este enclave sólo tiene ocho meses de muestreo entre 2007 y 2008. El incremento general de NO_x en la última década puede estar asociado al aumento de la flota de vehículos en la Región.

En cuanto al comportamiento a lo largo de los meses de las concentraciones de los contaminantes medidos en la Red de Calidad del Aire de la Región de Murcia,

6. Discusión

presentados en las Figuras 5.15 a 5.25 y las Tablas 5.12 a 5.17, conviene enunciar algunas apreciaciones. En primer lugar y en relación con las partículas, cabe señalar que, como indican Querol et al. (2005a), hay cuatro factores que actúan sobre la distribución mensual de la concentración de partículas:

a) La capa de mezcla se ensancha cuando los procesos convectivos se acentúan, es decir, durante el verano. El efecto es el quebrantamiento de las condiciones de estancamiento que termina en una homogenización de las concentraciones de los contaminantes: aquellos lugares con concentraciones más elevadas reducen sus niveles al mismo tiempo que áreas con bajas concentraciones reciben nuevas contribuciones.

b) Condiciones sinópticas que definen un gradiente mínimo de presión conjuntamente con el desarrollo de una baja térmica sobre la meseta de la Península Ibérica y terminan en recirculación y envejecimiento de las masas de aire (Millán et al., 1997). Esta situación incrementa los valores de los contaminantes en verano (Rodríguez et al., 2002; Querol et al., 2004a).

c) La escasa precipitación no elimina los contaminantes de la atmósfera en la medida que lo hace una lluvia abundante. La precipitación en los meses de verano es mínima en el sureste de la Península Ibérica. La Figura 5.14 muestra los valores mensuales promedio de lluvia en el periodo desde enero de 1998 a mayo de 2008 en la ciudad de Cartagena; el promedio es calculado con los valores mensuales de registros diarios acumulados en cada mes.

d) Las intrusiones de masas de aire africano que llegan a la Península Ibérica desde los desiertos de Sahara-Sahel ocurren con mayor relevancia de Febrero a Marzo y de Junio a Septiembre (Querol et al, 1998, 2004a; Rodríguez et al., 2001).

6. Discusión

El patrón mensual de TSP (Tabla 5.12 y Figura 5.15) parece común a todas las estaciones de muestreo: hay un máximo global en verano y máximos locales en los primeros meses del año, normalmente en febrero o marzo. En Bastarache se observa descenso de niveles en los últimos meses del año, por lo que sus valores tienen poca fluctuación hasta el inicio de la primavera, que es cuando el descenso es común a todas las estaciones. En la Figura 5.16 se puede apreciar que tras el cierre de la fábrica de producción de fertilizantes en diciembre de 2001, la evolución de Bastarache vuelve a ser simultánea con el resto de las estaciones.

La evolución mensual de TSP observada en el conjunto de las estaciones de la Región de Murcia no es tan robusta cuando se observan los gráficos para la fracción PM_{10} (Figuras 5.16 y 5.17 y Tablas 5.13 a 5.15). El máximo relativo al comienzo del año puede desaparecer pronunciadamente (como en Lorca y La Aljorra), convertirse en el máximo global (como en Alcantarilla y Escombreras) o nivelarse con el resto de valores mensuales. Aunque la mayor parte de los emplazamientos muestran un pico en algún mes de verano, no hay una simultaneidad generalizada, e incluso San Basilio presenta un descenso paulatino de marzo a octubre con un máximo en junio. Como en los datos de Alcantarilla y San Basilio las fracciones menores de material particulado siempre representan un porcentaje importante de la fracción superior (Tablas 5.13 a 5.15), los perfiles de las gráficas (Figuras 5.6, 5.8 y 5.9) que representan los valores medios anuales para cada una de estas estaciones y tamaños son equiparables.

La Figura 5.18 presenta los valores medios mensuales de TSP en todas las estaciones para aquellos meses con registros disponibles en el total del periodo estudiado. La Figura 5.19 presenta los valores medios mensuales de PM_{10} en estaciones

6. Discusión

rurales y suburbanas durante todo el periodo estudiado y la Figura 5.20 presenta los valores medios mensuales de PM_{10} en estaciones urbanas y suburbanas con gran influencia industrial durante todo el periodo estudiado. Al contrario de la generalización observada en TSP, la fracción PM_{10} parece un parámetro más específico para cada área muestreada en cuanto a la evolución mensual. Tal como se puede observar de las cadencias en las Figuras 5.18 y 5.19, las TSP tendrían una huella más regional mientras que PM_{10} la tendría más local. Este comportamiento es anómalo, aunque el PM_{10} de las estaciones urbanas y suburbanas con gran influencia industrial (Figura 5.20) sí presenta un patrón más regional.

Los valores mensuales de SO_2 durante la década son dependientes de cada estación (Figura 5.21 y 5.22 y Tabla 5.16). No se reconoce un patrón único para resumir la evolución temporal de este contaminante. Mientras que en algunas estaciones los valores máximos se registran al final del año, en los meses de invierno (como ocurre en Bastarreche, Mompeán, La Asomada, San Basilio y Torreciega), pudiéndose relacionar con las condiciones de estancamiento y compresión de la capa de mezcla, otras estaciones presentan máximos relativos en los meses de verano (como ocurre en Alcantarilla y San Ginés), o incluso sin alcanzarse valores máximos pero con una evolución tendente a incrementar la concentración en verano (como ocurre en Lo Campano).

Opuestamente, la concentración mensual de NO_x durante la década (Figura 5.23 y 5.24 y Tabla 5.17) presenta un máximo en invierno y un mínimo en verano. Lo cual es congruente con el mayor estancamiento atmosférico de invierno frente al verano. La

desviación observada en Lorca en el mes de julio es causada por el valor extremo de julio de 2003 (Figura 5.25).

6.4.1. Ajuste a los valores normativos de los datos de los métodos en tiempo real

En base a los límites normativos para los diferentes parámetros medidos en la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia, se ha presentando la Tabla 5.18. El límite anual para PM_{10} no se cumple es las siguientes estaciones, en 2005: Escombreras y Lorca; en 2006: Alcantarilla, Mompeán y Escombreras; en 2007: San Ginés, Mompeán, Escombreras, La Unión y La Aljorra; durante los meses estudiados de 2008: Mompeán. El número de superaciones del valor límite diario de PM_{10} no se cumple en las siguientes estaciones, en 2005: Escombreras, La Unión, La Aljorra y Lorca; en 2006: Alcantarilla, Mompeán, Escombreras, La Unión y La Aljorra; en 2007: Alumbres, San Ginés, Mompeán, Escombreras, La Unión y La Aljorra; durante los meses estudiados de 2008: Mompeán habría pasado ya el número de superaciones permitidas en un año completo.

Al considerar este valor anual calculado para el periodo estudiado y dónde pueden residir los problemas de cumplimiento normativo, cinco de las seis estaciones con problemas de superación del valor límite diario (es decir más de 35 días al año de superación del valor límite diario) se hallarían en Cartagena (estaciones de muestreo de Alumbres, San Ginés, Mompeán, Escombreras y La Aljorra) y la otra estaría en Lorca. La mayor frecuencia de las superaciones al límite diario en estos seis enclaves ocurre en enero (San Ginés), junio (Alumbres, Lorca y San Ginés), julio (La Aljorra) y septiembre

6. Discusión

(Mompeán). De nuevo, este patrón de los meses señala a la diferencia de fuentes en invierno y verano.

6.5. Comparación de las concentraciones de PM_{10} por métodos gravimétrico y en tiempo real

A tenor de los resultados presentados en el apartado “5.3. Comparación de medidas de PM_{10} por método gravimétrico y en tiempo real”, el equipo de medida en continuo TEOM sobrestima las concentraciones considerablemente con respecto al equipo gravimétrico DIGITEL DHA-80 en Mompeán. Durante el año 2006 (Figura 5.26a), el equipo TEOM muestra un comportamiento errático con problemas probables de calibración: no hay consistencia entre los datos de ambos equipos. En 2007 (Figura 5.26b) y los cinco primeros meses de 2008 (Figura 5.26c) la diferencia entre los equipos guarda una ratio similar durante todo el periodo.

Para estos tres periodos en que se ha clasificado el tiempo de comparación, los resultados obtenidos presentan las siguientes características cuando se presenta la ecuación de la recta que pasa por el origen tomando al equipo TEOM como variable dependiente:

a) Del 16 de enero al 2 de agosto de 2006 y del 4 de octubre al 31 de diciembre de 2006. El equipo TEOM sobrestima en un 10% los valores del gravimétrico cuando se estudia la ecuación de la recta forzada a pasar por el origen. El R^2 de la ecuación de esta recta en el origen es 0.64.

6. Discusión

Si se estudia la ecuación sin forzar la recta al origen, el R^2 es ahora 0.68 y su ordenada en el origen alcanza el valor de 7.08, ambos incumplen los valores deseables ($R^2 \geq 0.8$ con ordenada en el origen $\leq |5|$) que proponía para este tipo de comparaciones el Grupo de Trabajo de la Comisión Europea sobre Material Particulado en su informe guía del año 2001 (Williams y Bruckmann, 2002).

b) Del 22 de agosto al 3 de octubre de 2006. El equipo TEOM sobrestima en un 231% los valores del gravimétrico cuando se estudia la ecuación de la recta forzada a pasar por el origen. El R^2 de la ecuación de esta recta es 0.48.

Si se estudia la ecuación sin forzar la recta al origen, el R^2 es ahora 0.55 y su ordenada en el origen alcanza el valor de 18.53, ambos no satisfacen los valores deseables ($R^2 \geq 0.8$ con ordenada en el origen $\leq |5|$) que proponía para este tipo de comparaciones el Grupo de Trabajo de la Comisión Europea sobre Material Particulado en su informe guía del año 2001 (Williams y Bruckmann, 2002).

c) Del 1 de enero de 2007 al 31 de mayo de 2008. El equipo TEOM sobrestima en un 41% los valores del gravimétrico cuando se estudia la ecuación de la recta forzada a pasar por el origen. El R^2 de la ecuación de la recta en el origen es 0.76.

Si se estudia la ecuación sin forzar la recta al origen, el R^2 vuelve a ser 0.76, que redondeándolo a la décima alcanzaría 0.8, y su ordenada en el origen alcanza el valor de 2.83, ambos están dentro de los valores deseables ($R^2 \geq 0.8$ con ordenada en el origen $\leq |5|$) que proponía para este tipo de comparaciones el Grupo de Trabajo de la Comisión Europea sobre Material Particulado en su informe guía del año 2001 (Williams y Bruckmann, 2002).

6. Discusión

Por lo tanto, se considera que el comportamiento recogido en los anteriores puntos a) y b) refleja un problema relacionado con la calibración de los equipos, en particular del equipo TEOM, y que estos problemas desaparecen en 2007 una vez los problemas con la estabilización del equipo TEOM se solventan.

Si los resultados ahora obtenidos se comparan con las ecuaciones para las mismas rectas de los ejercicios de comparación llevados a cabo por Querol et al. (2005b) en las estaciones de Cartagena de Bastarreche y Santa Ana con los mismos equipos a evaluar en años anteriores, aparecen importantes variaciones. Bien es cierto que Bastarreche (estación de tráfico) y Santa Ana (estación de fondo suburbano) tienen un carácter distinto a Mompeán (estación de fondo urbano), pese a ello las discrepancias se pueden resumir en los siguientes puntos:

a) Sólo se produce sobrestimación del equipo TEOM respecto al gravimétrico en Bastarreche, pero sólo es del 2%.

b) En Santa Ana se diferencian dos periodos para los que se ofrecen dos ecuaciones de las rectas del ejercicio de comparación. Corresponden a un primer tramo del 16 de enero de 2004 al 24 de mayo de 2004 y a un segundo del 31 de mayo de 2004 al 26 de enero de 2005. En ellos, cuando se estudian las ecuaciones de regresión sin forzarlas a pasar por el origen, se cumple con la recomendación del Grupo de Trabajo de la Comisión Europea sobre Material Particulado en su informe guía del año 2001 (Williams y Bruckmann, 2002) tanto para el coeficiente de determinación de $R^2 \geq 0.8$ como para el valor de la ordenada en el origen. Sin embargo, es más relevante que el equipo TEOM infravalora los resultados al estudiar la ecuación de regresión forzada a pasar por el origen: supone el 34% para el primer periodo y en el 2% para el segundo.

6. Discusión

Con todo lo anterior, una consideración importante es que las concentraciones de los equipos automáticos deberían ser corregidas para mantener la equivalencia con el método gravimétrico. En segundo lugar, los coeficiente de correlación bajos, incluso tras haber segmentando la serie temporal por tramos, apuntarían a incidencias con la estabilidad de los equipos que deseablemente deberían ser subsanadas.

Este comportamiento, con valores mayores para las medidas en continuo realizadas con el equipo TEOM que para las muestras obtenidas en el gravimétrico, se ha encontrado en algunos puntos de muestreo, pero la mayor parte de las comparaciones muestran el comportamiento contrario, es decir, que las concentraciones obtenidas con el equipo TEOM son menores a las obtenidas con el gravimétrico (Williams y Bruckmann, 2002). Este hecho se ha explicado en base al procedimiento de medida del equipo TEOM, que calienta la muestra a 50° C, por lo que se puede producir una pérdida de compuestos semivolátiles, que ha sido estimada en un 30% para la fracción PM_{2.5} por Ayers et al. (1999).

En relación con el aerosol en suspensión de Cartagena, en el año 2001 se procedió a realizar un estudio comparado de las concentraciones obtenidas para las TSP en tres puntos de muestreo de la ciudad mediante el equipo TEOM y los captadores de alto volumen CAV-A, sin punto de corte. En este estudio (Moreno Grau et al., 2002) se obtuvieron valores menores para las cuantificaciones del equipo TEOM, en todos los casos, con valores menores para las TSP del TEOM comprendidos entre el 43% y el 57% de los valores de TSP del CAV-A.

6. Discusión

6.5.1. Ajuste a los valores normativos de los niveles de PM_{10} del método gravimétrico

De acuerdo con la Tabla 5.8, para los datos en niveles de PM_{10} del método gravimétrico presentados en esta memoria, en el año 2004 se supera el valor normativo de la concentración media anual ($40 \mu g PM_{10}/m^3$) en Santa Ana y más de 35 días se supera en Bastarache el valor límite diario de $50 \mu g/m^3$ (en concreto 74 días). Hay que tener en cuenta que, tal y como se recoge en la Tabla 4.1, el valor medio anual de Santa Ana en el año 2004 se ha obtenido con una muestra de 79 días, y con 13 días para 2005, ya que por el procedimiento operatorio se han tomado muestras dos días por semana. El número de casos válidos para cada estación y año se encuentra en la Tabla 5.2.

En cuanto a la serie temporal de Bastarache, se cuentan con 362 datos válidos de 2004 y 198 de 2005, ya que en julio de ese año se interrumpe la serie en Bastarache por traslado de la estación a Mompeán, por lo que a partir de ese momento se tienen datos de PM_{10} con equipos de medida en tiempo real y gravimétrico en esta ubicación. Con respecto al cumplimiento de los parámetros normativos para la fracción PM_{10} en Bastarache en el año 2005, parece probable que no se hubiera cumplido, ya que con los 198 días muestreados se alcanzan un total de 33 superaciones (no se aceptan más de 35). De hecho, si se suman las superaciones de ese año de Bastarache y Mompeán, se supera esta cifra, por lo que no se cumple el valor límite diario. En Mompeán ni en 2006 ni en 2007 se superan los límites normativos, ni en la media anual ni en el número de días en los que se obtienen valores superiores a los $50 \mu g/m^3$. Sin embargo, cuando estos mismos datos se obtienen de la red en continuo, se superan estos dos parámetros normativos tanto en 2006 como en 2007 (Tabla 5.18). Dada la importancia que para la

6. Discusión

gestión de la calidad del aire pueda tener esta discrepancia, se considera importante profundizar en ella y convendría realizar un estudio comparativo específico con el fin de precisar cuál de las dos fuentes de información está aportando los datos más fiables.

Respecto de los niveles de Pb, Cd, Ni y As en PM_{10} y el cumplimiento de los niveles límite y objetivo anuales vigentes (Directiva 2004/107/CE, a considerar sus valores a partir de 2013; Directiva 2008/50/CE, considerándose sus valores desde 2005), todos ellos aparecen en la Tabla 5.2 por debajo de los límites para la fracción PM_{10} : $Pb < 500 \text{ ng/m}^3$; $Cd < 5 \text{ ng/m}^3$; $Ni < 20 \text{ ng/m}^3$; $As < 6 \text{ ng/m}^3$.

6.6. Niveles de $PM_{2.5}$ y límites normativos

Durante la mayor parte del periodo que se estudian los niveles de $PM_{2.5}$ en esta tesis (véanse Tablas 4.1 y 4.2), las disposiciones legales vigentes no establecían límite normativo como tal para este parámetro. La aprobación de la Directiva 2008/50/CE, el 21 de mayo de 2008 con su publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea el 11 de junio de ese año, ya recoge valores con los que se debe cumplir para este contaminante.

La Directiva 2008/50/CE establece en su Anexo XIV que el valor límite en un año civil para el $PM_{2.5}$ a fecha de 1 enero de 2015 será de $25 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ estableciendo un margen de tolerancia hasta entonces. En la Tabla 5.2 se puede comprobar que los valores medios anuales que alcanza el $PM_{2.5}$ en Mompeán para los años 2006, 2007 y 2008 son de 25, 22 y $19 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$, respectivamente (siendo el tamaño de las muestras de 65, 89 y 47 días). Se puede observar cómo incluso el valor de 2008 es inferior al límite indicativo de $20 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ que se propone para el año civil en la Fase 2 de la

6. Discusión

propia Directiva 2008/50/CE, que entraría en vigor el 1 de enero de 2020. Por lo que se considera que no se va a producir una desviación con respecto a la normativa de $PM_{2.5}$ si la situación se mantiene dentro de las condiciones que se han dado a lo largo del tiempo estudiado en esta memoria.

En resumen, de los datos manejados en esta memoria se puede deducir que, en relación con la materia particulada en suspensión, en la Región de Murcia y principalmente en el área de influencia de Cartagena, se registra incumplimiento normativo de los niveles de PM_{10} . Para el punto de muestreo en el que están ubicados tanto un equipo de medida en tiempo real como otro gravimétrico discontinuo, el primero presenta un número anual de superaciones del valor límite diario de PM_{10} que no es equivalente al que se obtiene del muestreo en discontinuo. Se ha podido comprobar, para el mismo tipo de equipo en discontinuo, cómo la localización del punto de muestreo influye de modo notable en los valores alcanzados y que el desplazamiento del lugar del muestreo desde la Plaza de Bastarache a Mompeán da lugar, para este tipo de muestreo, a unos valores que cumplen con lo establecido en la legislación vigente. Se ha señalado la necesidad de profundizar en las diferencias encontradas entre los dos sistemas de medida, continuo o discontinuo. Otro aspecto a destacar sería el estudio de los emplazamientos de las estaciones de medida para que se ajusten a lo dispuesto en el Anexo III de la Directiva 2008/50/CE, que incide tanto en las áreas donde se registren las concentraciones más altas a las que la población puede hallarse expuesta y a otras áreas representativas de la exposición general.

Los niveles en aire ambiente de $PM_{2.5}$ y de metales en PM_{10} cumplen los valores normativos en la legislación vigente. Esto contrasta con los resultados de los estudios

6. Discusión

realizados en Cartagena desde la década de los años 90 del siglo pasado, en los que el plomo mostraba valores altos o muy altos mientras se mantuvo en activo la Fundición de plomo del barrio de Santa Lucía, habiendo disminuido progresivamente las concentraciones de este metal en toda la ciudad, tanto el plomo en TSP como el plomo en PM_{10} , hasta el año 2006, (Moreno Clavel et al., 1999, 2008). En cuanto al cadmio, en el periodo 1991 a 2000 (Martínez Arroyo, 2006) la mayor parte de los años presentaban valores medios anuales por encima del límite establecido en la Directiva 2004/107/CE para 2013, con un valor promedio para ese periodo en la Plaza de Bastarreche de 8.5 ng/m^3 .

6.7. Origen de las masas de aire

Uno de los objetivos básicos de este trabajo era el de definir con precisión los días con episodios de partículas de origen natural, que permitieran aplicar lo dispuesto respecto a los aportes naturales en la Directiva 2008/50/CE. El primer paso se realiza mediante el estudio del origen de las masas de aire, aplicando el análisis de retrotrayectorias. En base a ello se obtiene una serie diaria de situaciones que pueden ser incluidas dentro de los sectores definidos para el Sureste de España (Querol et al., 2005a).

Como se ha indicado en el apartado “4. Material y métodos”, una de las herramientas que se ha utilizado para definir los escenarios atmosféricos de incidencia en los niveles de materia particulada ha sido el análisis de retrotrayectorias. Según el mismo, para los datos en continuo de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire, se han obtenido los resultados presentados en la sección “5.4. Escenarios atmosféricos con

6. Discusión

incidencia en los niveles de materia particulada”. Puede observarse cómo el sector más frecuente durante el periodo es norteafricano (NAF) con una media de 66 días por año, seguido de atlántico noroeste (ANW) con 63 y regional (RE) con 60; por el contrario mediterráneo (ME) es el más infrecuente de los orígenes con 20 días por año en promedio (Tabla 5.22). Las frecuencias con las que aparecen los diferentes orígenes de las masas de aire en la Región de Murcia son indicativas de la elevada relevancia de los factores naturales en la zona: por un lado, los episodios de polvo que proceden de los desiertos africanos (NAF) y por otro, el origen regional (RE) de una masa de aire con presencia de polvo de la zona y, por lo tanto, significa la no renovación de las masas de aire; en otras palabras, la meteorología está dominada por efectos regionales. También abundan los días con precipitaciones cuando el origen de las masas de aire es regional (Tablas 5.23 y 5.24). Además, debido a la proximidad de la región a África, las masas con origen regional pueden recoger contribuciones pulverulentas sin penetrar profundamente en el continente vecino.

Los orígenes ANW, AN y atlántico oeste (AW) están asociados con bajos niveles de contaminantes en otras regiones de la Península Ibérica (Escudero et al., 2007). Esto es debido a la presencia de masas de limpio y húmedo que lavan los contaminantes de la atmósfera por la lluvia o por la renovación de las masas de aire. Atendiendo a que la Región de Murcia está en el sureste peninsular y que el camino de esas masas de aire hasta que alcanzan Murcia es a través del escarpado relieve español, es probable que cuando estas masas llegan a Murcia ya hayan perdido su humedad y puedan haberse enriquecido con otros contaminantes. Por todo ello, el origen natural de las masas de aire más apropiado para desencadenar lluvias en la provincia sería ME (Moreno Clavel

6. Discusión

et al., 1998). Como se ha visto, el origen ME es el episodio menos frecuente y está a menudo acompañado por lluvias. Aun así, aunque el origen ME sería la fuente más cercana de masas de aire húmedo para Murcia, no siempre desencadena lluvias debido a la variabilidad en las condiciones meteorológicas propias para provocar la precipitación. Por último, si el origen ME no libera su humedad vía deposición húmeda, este origen pueden contribuir negativamente incrementando los niveles de materia particulada en la provincia por la posición del Mar Mediterráneo y África: el Mar Mediterráneo es la salida norte de la contribución pulverulenta de Argelia, Túnez, Libia y Chad (Escudero et al., 2005).

Ya que los datos de precipitación provienen de una estación meteorológica en Cartagena, la asociación entre retrotrayectorias y precipitación es buena para las estaciones de muestreo de Cartagena; para el resto de estaciones de muestreo de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Región de Murcia debe ser considerada con mayor cautela. Como se ve en la Tabla 5.24, los días con precipitaciones con origen NAF (13 días de 54 en un año promedio) suponen tanto como los orígenes AN, ANW y AW juntos. Con vistas a la distribución por meses, noviembre es el mes con mayor número de días con lluvia, mientras que los meses de verano son congruentes con la típica estación mediterránea seca: de 0 días y 0% del total de días lluviosos en julio a 3 días y 6% del total de días con precipitaciones en septiembre. La cantidad promediada de lluvia de la Tabla 5.26 repite en esencia el orden de los orígenes y meses de la Tabla 5.24.

La Tabla 5.27 muestra este resultado para la estación de Alcantarilla; el episodio con la mayor concentración de PM_{10} es NAF, seguido de RE (29 y 28 $\mu gPM_{10}/m^3$,

6. Discusión

respectivamente), mientras que los episodios con menores concentraciones de PM_{10} son AN y ANW ($19 \mu gPM_{10}/m^3$ cada uno). Este comportamiento se repite con el número medio de días por encima de $50 \mu gPM_{10}/m^3$, con el máximo en NAF y RE (8 días por año) y el mínimo en atlántico suroeste (ASW) y europeo (EU) (2 días por año cada uno). Al contrario, la concentración de PM_{10} en los días por encima del límite diario muestra una procedencia de las masas de aire diferente a las de la media. Así, aunque el menor valor se da en AN ($56 \mu gPM_{10}/m^3$), los mayores se dan para EU y ANW (74 y $72 \mu gPM_{10}/m^3$, respectivamente). Considerando que bajo EU y ANW sólo hay un día por año excediendo el límite diario y que sus niveles anuales de PM_{10} son los más bajos, se podría señalar que la influencia de algún valor extremo de origen local o antropogénico está causando este resultado (las masas de aire no son regionales pero EU y ANW no son episodios con carga especialmente alta de partículas).

Los valores de Alumbres se presentan en la Tabla 5.28. En comparación con Alcantarilla e independientemente del origen de la masa de aire, todas las concentraciones están incrementadas debido a la influencia industrial en esta estación. ASW muestra un pico para los valores anuales ($40 \mu gPM_{10}/m^3$), con días frecuentes (9 de media por año) por encima del límite diario y un valor intermedio de PM_{10} ($61 \mu gPM_{10}/m^3$) cuando el límite diario es superado. Esto está relacionado con las contribuciones externas de polvo porque las masas de aire provenientes de la costa noroeste de África o de países del noroeste de África están caracterizadas por su contenido en polvo (Rodríguez et al., 2001; Querol et al., 2002a; Viana et al., 2002; Escudero et al., 2005). Los episodios NAF presentan nuevamente una importante contribución, siendo el origen más frecuente para los días por encima del límite diario

6. Discusión

(11 días) alcanzando la concentración media de PM_{10} en esos días el valor más alto ($86 \mu gPM_{10}/m^3$). Los episodios con los valores más bajos para los parámetros que se analizan (media anual de PM_{10} , número de días que se superan los $50 \mu gPM_{10}/m^3$, y media para esos días) son AN, ANW y EU. Sin embargo, el incremento de estas variables bajo estos últimos episodios no se debería subestimar cuando se comparan los episodios en diferentes estaciones, ya que las altas concentraciones en las masas de aire procedentes de AN y ANW, en zonas industriales, estarían denotando contribución de las fuentes locales al aerosol.

En San Ginés (Tabla 5.29), los episodios de polvo africano son muy importantes. Como se puede observar NAF, AW y ASW muestran los mayores valores medios anuales (42 , 41 y $40 \mu gPM_{10}/m^3$, respectivamente). El mayor número medio de días por encima del valor límite diario es de 16 días para RE, mientras que para NAF y ASW se encuentra una frecuencia de 15 y 9 días, respectivamente. La mayor concentración media de PM_{10} cuando se excede el valor límite diario es $68 \mu gPM_{10}/m^3$ para NAF y $63 \mu gPM_{10}/m^3$ para ASW. En esta estación, AW muestra una concentración media anual por encima del límite legal (por encima de $40 \mu gPM_{10}/m^3$) y el resto de parámetros que se comentan permanecen en valores más altos que en estaciones previas para los orígenes típicamente con menores concentraciones (como AN y ANW); se puede sugerir que los aportes locales y antropogénicos están ampliamente presentes en esta estación de muestreo. Apoya esta afirmación el hecho de que el mayor número de días sobre el límite diario corresponde a episodios RE.

La información sobre Mompéan de la Tabla 5.30 muestra un patrón de niveles de PM_{10} altos para los orígenes atlánticos y máximo cuando hay aportes pulverulentos (es

6. Discusión

decir, principalmente en orígenes NAF y ASW) y/o condiciones de estancamiento (es decir, episodios RE). Las condiciones de estancamiento durante el invierno evitan el crecimiento de la capa de mezcla favoreciendo las altas concentraciones de contaminantes observadas durante los meses invernales. Se retomará el comentario de las concentraciones de PM_{10} en Mompéan más adelante cuando se analicen los resultados obtenidos con las medidas gravimétricas.

Los resultados en Escombreras (Tabla 5.31) muestran la influencia industrial en este lugar, ya que se produce la superación de los valores límite independientemente del tipo de episodio. Como ejemplo de lo dicho, aparecen incluso mayores concentraciones de valores anuales de PM_{10} bajo cualquier tipo de episodio atlántico que bajo NAF, lo que no ocurre en ninguna otra estación. La superación del límite diario durante los episodios atlánticos se convierte en un problema de relevancia. En vista del número de días de superación del límite diario y la concentración media de partículas en esos días, no se puede atribuir esta situación a acontecimientos puntuales.

Los datos de La Unión (Tabla 5.32), en términos generales, parecen similares a los de Alcantarilla y opuestos a los de Escombreras. No hay ninguna superación de los valores límite en ningún tipo de episodio y el menor número de días por encima del límite diario señala a esporádicos valores extremos. En esta línea, ya se ha comentado anteriormente sobre los niveles anómalos y la fiabilidad del proceso de adquisición de datos en La Unión.

Los niveles de PM_{10} en La Aljorra (Tabla 5.33) superan el valor límite diario en episodios NAF y ASW y, ocasionalmente, también en AW. El hecho de que el máximo número de superaciones al límite diario aparezca en episodios RE conduce a pensar que

6. Discusión

los ocho días de media por encima de $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ que se dan en el episodio AW podrían estar relacionados con concentraciones provocadas, ocasionalmente, por fuentes antropogénicas próximas. Hay que tener presente que en las proximidades de La Aljorra se encuentra una planta de plásticos y un polígono industrial en desarrollo.

El único problema al que la estación de Lorca tendría que hacer frente sería el número de días sobre el límite diario de PM_{10} . Los orígenes de las masas de aire de los 41 días de media al año sobre el valor límite diario recogidos en la Tabla 5.20 se detallan en la Tabla 5.34. Quince de los 41 días sobre el límite diario corresponden con episodios NAF, diez con RE y cinco con ASW. Ya que el resto de episodios mantienen una baja cantidad de superaciones al límite diario, las causas naturales como los episodio de polvo africano o la resuspensión son probablemente los más importantes motivos de superación del límite diario.

Los datos mostrados en la Tabla 5.35 para San Basilio convierten a esta estación en la que tiene los niveles más bajos de PM_{10} de todo el conjunto. Los orígenes AN y ANW muestran el mínimo en la concentración anual de PM_{10} ($17 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, cada uno), hecho que como se ha indicado es el esperado y da idea de la ausencia de contribución de la industria local desde estos orígenes. La concentración anual máxima de PM_{10} aparece durante el episodio NAF ($24 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$) seguido de ASW ($23 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$) y RE ($22 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$). Los meses de invierno indican los niveles más altos de PM_{10} durante estos episodios: $33 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ durante ASW en enero, $31 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ durante RE en febrero y $29 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ durante NAF en enero y diciembre. También hay un máximo temporal durante estos episodios en junio: $28 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ durante ASW y $25 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ durante NAF y RE. Estos resultados muestran la influencia de las

6. Discusión

intrusiones de masas de aire africano y la resuspensión en estaciones sin orientación industrial.

Tal como se puede observar en las Tablas 5.36 y 4.2, los datos de Caravaca son escasos porque los registros disponibles son de menos de un año. De este modo, los niveles de Caravaca no revelarían problemas con el cumplimiento de los límites legales. La concentración anual de PM_{10} estaría en el rango de otras estaciones rurales en España y Europa (Querol et al., 2004a, 2004b).

En resumen, los niveles de PM_{10} de las estaciones aquí comentadas están todos ellos influidos por fuentes de cursos de polvo natural. El cumplimiento de los límites legales está claramente condicionado por otros factores además de los naturales. En Escombreras las contribuciones no antropogénicas se muestran menos relevantes que aquellas causadas por el ser humano. Por otro lado, existen estaciones donde la influencia de los aportes naturales puede ser reconocida pero no supone la causa principal de las superaciones de los valores límite: este es el caso particular de San Basilio. Finalmente, el resto de las estaciones requeriría un estudio en profundidad para determinar la importancia de las contribuciones naturales a sus respectivos niveles de partículas. Esto sería necesario ya que los valores ofrecidos varían en el rango de cumplimiento de los límites legales. En este estudio se ha aplicado la metodología adecuada (Escudero et al., 2005; Pey Betrán, 2007) para poder realizar los descuentos previstos en la legislación vigente para los datos de las medidas gravimétricas en Bastarreche, Santa Ana y Mompeán.

6.8. Escenarios atmosféricos con intrusión de masas de aire africanas

Tras definir los orígenes de las masas de aire según sus niveles asociados de partículas, el siguiente paso ha sido el análisis de las situaciones sinópticas vinculadas a la intrusión. Esto lleva a clasificar los escenarios meteorológicos en cinco grupos, cuatro que ya habían sido previamente descritos (Escudero et al., 2005) y un nuevo escenario que se hace necesario introducir para dar explicación a todos los episodios con partículas y asignarles un escenario tipo.

Como se ha expuesto, con los análisis realizados hasta el momento, no siempre está claro que la superación de un nivel normativo sea debida a un episodio natural, particularmente un episodio africano. Además, el análisis de retrotrayectorias indica la procedencia de las masas de aire, pero por sí solo no informa de la existencia o no de intrusión. Por eso se hace necesario profundizar en el análisis de las situaciones atmosféricas, revisando las condiciones sinópticas.

La comprensión de los sistemas atmosféricos de presión que fuerzan a las masas de aire a desplazarse en una dirección es útil para admitir o rechazar la existencia de episodio de polvo africano. La lectura conjunta de las retrotrayectorias (es decir orígenes o episodios) con las condiciones sinópticas (es decir escenarios) proporciona un robusto conocimiento de la causa y efecto. Hay una amplia revisión en la bibliografía de aquellos escenarios causantes de episodio de polvo africano sobre la Península Ibérica (Rodríguez et al., 2001; Escudero et al., 2005; Querol et al., 2005a, 2006). Las cuatro condiciones sinópticas tipo que resultan en un episodio de polvo africano sobre la Península Ibérica son (Escudero et al., 2005):

6. Discusión

Tipo A: Alta norteafricana localizada a nivel de superficie. Como se ha indicado, en este caso un arco atlántico es la vía por la que el polvo africano alcanza la Península Ibérica (Querol et al., 2002a), en esta situación no está presente el anticiclón de las Azores. Estos hechos se pueden observar en la Figura 5.30.

Un año promedio en el periodo estudiado tendría alrededor de 7 días bajo este escenario; enero sería el mes en el que es más frecuente (Tabla 5.37): supondría el 22% de los días del año. Febrero, marzo, noviembre y diciembre supondrían el 17% de los días. Considerando el origen de las retrotrayectorias durante este escenario, el 70% se producen con NAF y el restante 30% con ASW. En cuanto a la duración de los escenarios Tipo A, el más frecuente es el que dura 1 día (54% de estos escenarios), seguido de los de dos días de duración (23%). Marzo es el mes en el que este escenario se inicia con mayor frecuencia (30%), cuantitativamente seguido por enero (20%) y febrero (15%), es decir, que este escenario es típico de los meses fríos. Otra forma de expresar la información recogida en las Tablas 5.37 y 5.38 es que bajo el escenario Tipo A se tiene en la Región de Murcia un total de 7 días, y que estos escenarios se producen a lo largo del año en 4 ocasiones, de las que la más frecuente es la que dura 1 día, seguida de 2 días, que sumadas todas ellas darían los 7 días a lo largo del año. Además, de los 7 días en los que se da este episodio, lo más frecuente es que la retrotrayectoria indique una procedencia NAF.

El ejemplo puesto en la Figura 5.30 permite también ilustrar el hecho de que las retrotrayectorias crucen más de un sector en su camino (este hecho se produce también en el escenario recogido en la Figura 5.31). Puede observarse cómo las retrotrayectorias inferiores pueden indicar la probable llegada de una intrusión desde África. Sin

6. Discusión

embargo, la retrotrayectoria más alta convierte a este día en un candidato a ser contrastado con otras herramientas de detección de la intrusión. Para ello se estudian los mapas NAAPs (Figuras 5.30d y 5.30e), que demuestran el episodio de polvo por la atenuación óptica del espesor de polvo y la concentración de aerosoles a nivel de superficie, y el mapa provisto por el Barcelona Supercomputer Center-Dust Regional Atmospheric Modeling (BSC-DREAM) a nivel de superficie (Figura 5.30f) en el que se vuelve a repetir el episodio de polvo. La forma del penacho y el camino por el que penetra a la Península Ibérica es congruente con lo que se dice sobre el escenario de Tipo A.

Tipo B: Depresión atlántica: Un sistema de bajas presiones se sitúa al oeste de la Península Ibérica. Un año promedio tendría 22 días con el escenario Tipo B (Tabla 5.39), mayo y noviembre (16%), octubre (15%) y febrero (14%) sumarían la mayoría de esos días. Casi 3 de cada 4 días (74%) bajo el escenario Tipo B tendrían un origen NAF; 22% ASW y el mínimo con un 3% sería ME. En cuanto a la duración de los escenarios Tipo B (Tabla 5.40) la más abundante sería la de un día de duración (33%), pero dos y tres días tiene una presencia notable (25% cada uno) en un año promedio. En los meses de octubre y noviembre aparece este escenario con una mayor frecuencia (16% cada uno), seguido de abril (13%) y mayo (11%). En otras palabras, en un año promedio en la Región de Murcia se darían 22 días bajo escenario Tipo B, que se corresponderían con 9 situaciones de este tipo a lo largo del año, en la que las más abundantes serían de 1 día de duración, seguidas de las de 2 y 3, y así sucesivamente, completando de esta forma los 22 días. En este escenario se produce una de las situaciones más prolongadas, con 8 días en el mes de febrero. Esto es lo que hace que este mes tenga un 14% de los

6. Discusión

días con este episodio de media anual, mientras que el episodio como tal sólo esté representado en el año un 9%, ya que 8 de los días corresponden a un único episodio.

Los datos resumidos en la Tabla 5.50 indican que febrero tendría dos días con precipitaciones bajo el escenario Tipo B; noviembre y octubre sumarían más de un día; y los demás meses contarían menos de un día. Además, enero, marzo, julio, agosto y septiembre no tendrían ningún día con precipitaciones en las condiciones del escenario Tipo B. Los escenarios Tipo B supondrían 25% del total de días con precipitaciones. En cuanto a la cantidad de lluvia recogida bajo el escenario Tipo B sería del 32% del total de la lluvia que se recoge coincidiendo con episodio de polvo africano. Los meses con mayor precipitación coincidiendo con intrusión bajo este escenario serían noviembre, febrero y octubre.

Tipo C: Depresión en el norte de África, en esta situación se tiene el anticiclón centrado en las Azores, un sistema de bajas presiones sobre el norte de África y un anticiclón situado en el mediterráneo oriental o el este de Europa. El camino habitual para que una intrusión de masas de aire africano alcance la Región de Murcia, cuando el escenario Tipo C aparece, es a través del Mar Mediterráneo. La dinámica de evolución de un escenario a otro es común entre el Tipo B y el Tipo C. La aparición consecutiva de estos escenarios termina en episodios de polvo que duran varios días y con múltiples orígenes del aporte pulverulento. Además, ligeros giros o rotaciones del escenario descrito Tipo C también pueden causar la intrusión.

Un año promedio en el periodo estudiado tendría cerca de 32 días con el escenario Tipo C (Tabla 5.41), el mayor número de días en los que se da este escenario es en abril (20%), seguido de mayo (14%), agosto (13%), septiembre y marzo (11% cada uno). El

6. Discusión

origen NAF seguiría siendo el más importante (61%), también es considerable la aparición de ASW (27%). Al contrario de lo que ocurre para el resto de los escenarios (Tablas 5.37, 5.39, 5.43 y 5.45), el escenario Tipo C tendría un porcentaje importante de sus días asociados al origen ME (12%). Este porcentaje está en consonancia con la posición de la depresión sobre el norte de África y la dirección por la que las masas de aire serían forzadas para alcanzar Murcia. La duración media mensual de los escenarios de Tipo C se presenta en la Tabla 5.42. A partir de los datos de la última tabla un año promedio tendría 13 escenarios de Tipo C. La duración más común sería uno o dos días (36 y 34%, respectivamente). Los escenarios de Tipo C de tres, cuatro y cinco días ocurrirían sobre una vez al año (11%, 7% y 10%, respectivamente); y los escenarios de seis y trece días serían ocasionales (2% cada uno). Atendiendo a la mensualidad, esta guardaría básicamente el mismo patrón que en la clasificación según origen.

Se ha indicado anteriormente que las masas de aire que atraviesan la Península Ibérica llegan a la Región de Murcia con pocas posibilidades de descargar agua en ella. Por lo tanto, para que las masas de aire puedan producir precipitaciones en la zona, es necesario que se carguen de humedad, y la fuente más cercana es el Mar Mediterráneo. De esta manera, el escenario Tipo C es el más propicio para que se produzcan precipitaciones en la zona, por lo que no sorprende encontrar que bajo él se den la mitad de los días con precipitaciones entre los que tienen intrusión, ni que se recoja la mitad de la lluvia que se registra coincidiendo con la presencia de intrusión en el periodo estudiado, 53 meses. Si se analizan los resultados calculados para un año promedio se vuelve a obtener la misma conclusión, que bajo el escenario Tipo C se producen las condiciones más adecuadas para que se produzcan precipitaciones en la zona con 10.9

6. Discusión

días de lluvia bajo este escenario del total de unos 23.8 días promedio totales en los que llueve habiendo intrusión. También es el escenario con mayor cantidad de agua recogida del total de precipitaciones recogidas ligadas a intrusiones, el 44%, 46.9 mm de un total de 106.1 mm.

Al analizar las situaciones sinópticas ligadas a episodios de intrusión en nuestra zona es posible encontrar la evolución entre los escenarios Tipo B y Tipo C, produciéndose para la Región de Murcia más frecuentemente el Tipo B en otoño, mientras que el Tipo C tendría el máximo de ocurrencia en primavera.

Tipo D: Presencia de altas presiones en las capas altas sobre el norte de África. Este escenario se da asociado a bajas térmicas a nivel de superficie, por lo que su mayor frecuencia ocurre cuando la insolación es máxima, es decir, en verano.

Un año promedio tendría en torno a 41 días bajo el escenario Tipo D. Como puede observarse en las Tablas 5.43 y 5.44 los meses de invierno no experimentarían este escenario, pero sí sería especialmente intenso en los meses de verano: julio tendría 9.0 días (22%), septiembre 7.8 días (19%), junio 7.5 días (18%) y agosto 6.8 días (16%). Si se revisan las Tablas 5.37, 5.39, 5.41 y 5.45, se puede ver que el escenario Tipo D supondría el más alto porcentaje de días asociados al origen NAF (85%); el resto del porcentaje se asociaría a ASW (15%). Estos números darían una idea de la fortaleza y definición de este tipo de escenario, que lleva asociado intrusión de masas de aire con polvo africano. Los 41 días de escenarios Tipo D se darían a lo largo de 12 episodios en un año promedio, con una longitud más habitual de tres días (36%), seguida de un día (23%), dos días (13%) y cuatro días (11%); los escenarios Tipo D de cinco días aparecerían una vez al año (9%). Conviene destacar aquí que es el primer escenario en

6. Discusión

el que la mayor frecuencia no corresponde a eventos de 1 sólo día de duración. Es decir, bajo estas condiciones, es frecuente que la situación se mantenga. El caso más extremo es el evento de 22 de agosto de 2004 que duró 23 días.

El patrón de la mensualidad sería el mismo para el número de días de este tipo de episodio que para el del número de veces que se presenta en un año, en ambos casos (Tablas 5.43 y 5.44) en el mes de junio se incrementa el porcentaje, para alcanzar el máximo en julio, disminuyendo de modo acusado en noviembre.

Con un cuadro de condiciones sinópticas tan definido como es el del escenario de Tipo D, es improbable que las masas de aire que lleguen a Murcia directamente de África puedan desencadenar lluvias (Figura 5.33). Cuando se producen precipitaciones bajo el Tipo D se observan bucles sobre el Mediterráneo, próximos a la Región de Murcia, en las retrotrayectorias de las masas de aire, tal como se observa en el ejemplo de la Figura 5.34 para el 2 de mayo de 2005. Los bucles facilitarían el enriquecimiento en humedad y la posterior liberación de esta humedad provocaría las lluvias. Los valores de lluvia bajo el escenario Tipo D en el conjunto de los datos analizados en esta memoria sólo se dan en el 12% de los días con precipitaciones en que se detecta intrusión y la cantidad de lluvia recogida es un 2% de la recogida en esos días. Trasladados estos datos a un año promedio resulta que este año tendría 3 (13%) de 23.8 días con precipitaciones bajo este escenario. Mientras que para el año promedio bajo el escenario Tipo D se recogerían 22 (2%) de los 106.1 mm de la lluvia recogida cuando hay episodio de polvo.

La base de datos de material particulado analizado en esta memoria ha sido procesada para determinar los episodios de polvo africano. Se ha visto hasta ahora cómo

6. Discusión

el análisis de retrotrayectorias y el de las situaciones sinópticas ha permitido encuadrar las intrusiones en cuatro escenarios diferenciados, la transición de uno a otro es bastante frecuente en la serie temporal analizada. Sin embargo, sin definirse ninguno de los escenarios anteriores hay días en los que hay episodio de polvo africano sobre Cartagena, con incrementos en las concentraciones de partículas en las estaciones de este estudio, y que se observan en la metodología habitual seguida en este trabajo (mapas NAAPs, SKYRON, BSC-DREAM, imágenes de satélites y concentraciones de partículas en las estaciones de fondo regional). Por ello, a la vista del conjunto de factores apuntados y ante el hecho de la presencia de partículas procedentes del continente africano, se ha definido un nuevo escenario que se ha denominado Tipo E.

Este Tipo E se ha definido como débil gradiente de presión a nivel de superficie (pantano barométrico). Se ha observado que estas situaciones son numerosas al principio, final o en la transición entre dos escenarios consecutivos de los antes descritos. Un bajo gradiente de presión, o deja a la atmósfera en una situación de poco movimiento y se mantienen los niveles de partículas de polvo, o prepara el panorama para favorecer la entrada de un nuevo y fuerte sistema que traiga polvo. En las Azores se sitúa casi permanentemente una situación anticiclónica, por lo que es fácilmente comprensible que cuando el escenario Tipo E se describe, el anticlón de las Azores está apartado, debilitado o ausente; esto es congruente con otras condiciones de pantano barométrico descritas para el área (Millán et al., 1997). Además, este estancamiento, ante situaciones de calentamiento, favorece los movimientos convectivos de masas de aire, con la consiguiente resuspensión allá donde se presente; por lo que no sería

6. Discusión

infrecuente que los aportes de polvo alóctono se acompañasen de contribuciones minerales más autóctonas bajo el escenario de Tipo E.

Es evidente la fuerte relación entre un episodio de polvo bajo el escenario de Tipo E y el origen regional de las masas de aire (98%) (Tabla 5.45). La aparición del escenario Tipo E con origen NAF y ASW es mínima (1% cada uno). Estos resultados convergen con el carácter regional de este escenario. Un año promedio en el periodo estudiado tendría 27 días con este escenario. Noviembre no tendría nunca este escenario, pero sería especialmente intenso en los meses de verano: julio tendría 8.5 días (31%), junio 3.5 días (13%) y agosto 2.0 días (7%). Si el verano es la estación cuando otros escenarios presentan máximos globales o locales (como así ocurre en los escenarios de Tipo B, C y D), los resultados en el escenario de Tipo E reflejarían su carácter de transición entre esos escenarios.

Partiendo de los datos de la Tabla 5.46 un año promedio tendría sobre 13.8 escenarios de Tipo E. Su duración más frecuente sería de un día (56%), seguida de dos días (31%) y cuatro días (5%). El resto de las duraciones sería ocasional (menos del 5%). De acuerdo con su duración, la mensualidad de los escenarios de Tipo E estaría repitiendo básicamente el mismo patrón que el de la mensualidad de los escenarios de Tipo E según su origen, es decir, en verano.

Si los bucles de las retrotrayectorias son habituales en algún escenario, ese es el caso del Tipo E. Los bucles estarían reflejando los cambios que el viento traslada a la dirección de las masas de aire. Este comportamiento puede desencadenar lluvias si otros requerimientos de temperatura y humedad se cumplen. Por tanto, los valores sobre la lluvia bajo el escenario Tipo E muestran este comportamiento con el 17% de los días

6. Discusión

con precipitación e intrusión, con una cantidad de lluvia de 104.4 mm, el 22% del total de lluvia recogida bajo intrusiones de masas de aire africano en los 53 meses de estudio. Para un año promedio (Tabla 5.41) se tendrían 3.9 (16%) de 23.8 días con lluvia bajo el escenario de Tipo E. La Tabla 5.42 indica que del total de la lluvia calculada (106.1 mm) durante días con intrusión en un año promedio, 22.7 mm (21%) son recogidos bajo el escenario Tipo E. Se observa un incremento de los días con precipitaciones para el escenario Tipo E frente al D. Al contrario que la mensualidad general de los escenarios del Tipo E, aquellos escenarios Tipo E con lluvias tenderían a estar concentrados en primavera en vez de verano (Tablas 5.45, 5.46, 5.50 y 5.51).

Un resumen general del número de días en los que en el periodo estudiado se da cada uno de los escenarios se encuentra en la Tabla 5.47 y para un año promedio en la Tabla 5.48. El Tipo D se registra en mayor número de días, mientras que el mes con mayor número de días de intrusión es el de julio, teniendo también el mayor número de días en el Tipo D; la misma información se obtiene para el año promedio.

Es importante destacar que no es lo mismo un episodio que un escenario. Los episodios se han definido en base a las retrotrayectorias, mientras que los escenarios resultan de la evaluación de las situaciones sinópticas. Así se producen cambios de un escenario a otro sin que cambie el episodio, en la Tabla 5.49a puede verse cómo para el episodio NAF del 10 de junio de 2004 con una duración de 6 días, se divide en dos escenarios, uno inicial B de tres días de duración y otro de igual duración del Tipo D. Otros cambios entre tipo de escenarios pueden consultarse en los diferentes apartados de esta tabla.

6.9. Concentración de PM_{10} en Cartagena y escenarios con intrusión de masas de aire africano

Una vez definidos en el apartado anterior los escenarios, se analiza para cada uno de ellos el número de días que corresponden a diferentes episodios y la duración de los escenarios. También se valoran las concentraciones de partículas de los muestreos en discontinuo: Bastarreche, Santa Ana y Mompeán y en continuo en Mompeán, para los escenarios definidos.

En Bastarreche, partiendo del valor anual de PM_{10} por tipo de escenario (Tabla 5.52), se puede decir que el escenario de Tipo C está en el límite de superación del umbral normativo del promedio anual, el resto de escenarios sobrepasa el valor límite anual de $40 \mu gPM_{10}/m^3$. La concentración media de PM_{10} cuando se excede el valor límite diario es máxima en el escenario de Tipo B y mínima durante el escenario de Tipo D (68 y $57 \mu gPM_{10}/m^3$, respectivamente). El número medio de días por encima del límite diario es máximo en el escenario de Tipo D (veinte días, 32% sobre todos los días de escenario de Tipo D) y mínimo en los escenarios de Tipo A y B (tres días cada uno, 60% y 24% sobre los días de escenario de Tipo A y B, respectivamente).

Esto se puede extrapolar a la aparición misma de los tipos de escenarios, que dispondrán incluso de menor número de casos, al haber escenarios que duren más de un día. Así puede incluso darse el caso de que no aparezcan valores de PM_{10} bajo escenario de Tipo A en Santa Ana (Tabla 5.53). Para el resto de escenarios, la concentración media anual incumpliría el umbral normativo en los escenarios Tipo B, D y E, sólo cumpliéndose en el Tipo C; pero de nuevo, el bajo tamaño de la muestra sesga los resultados. La concentración media de PM_{10} cuando se excede el valor límite diario es

6. Discusión

máxima en el escenario de Tipo B y mínima durante el escenario de Tipo E (74 y 63 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, respectivamente). El número medio de días por encima del límite diario es máximo en el escenario de Tipo D (nueve días, 56% sobre todos los días de escenario de Tipo D) y mínimo en el Tipo C (cero días).

En Mompeán, partiendo del valor anual de PM_{10} por tipo de escenario, ningún tipo de escenario tiene una concentración media que supere el límite legal para la concentración media anual (Tabla 5.54). La concentración media de PM_{10} cuando se excede el valor límite diario es máxima en el escenario de Tipo B y mínima durante el escenario de Tipo D (85 y 56 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, respectivamente). El número medio de días por encima del límite diario es máximo en el escenario de Tipo E (seis días, 16% sobre todos los días de escenario de Tipo E) y mínimo en los escenarios Tipo A, B y D (dos días cada uno, 26%, 6% y 7% sobre los días de escenario de Tipo A, B y D, respectivamente).

Tomando como base los niveles de PM_{10} obtenidos con el equipo TEOM de medida en tiempo real de la estación de Mompeán (Tabla 5.55) y considerando el valor anual de PM_{10} por tipo de escenario, se puede decir que el tipo de escenario no es distintivo para superar el valor límite legal: todos los escenarios tienen un valor medio anual superior a los 40 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$. La concentración media de PM_{10} cuando se excede el valor límite diario es máxima en el escenario de Tipo B y mínima durante el escenario de Tipo A (71 y 59 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$, respectivamente). El número medio de días por encima del límite diario vuelve a ser mínimo en el escenario Tipo A (cinco días, 54% sobre todos los días de escenario de Tipo A), pero el máximo se produce en el Tipo C (quince días, 36% sobre todos los días de escenario de Tipo C).

6. Discusión

Resumiendo, para los datos en continuo en la estación de Mompeán en base a los valores anuales calculados, la superación de los valores normativos se produce bajo cualquier tipo de escenario.

6.10. Sustracción de la carga de la intrusión a los niveles registrados en una estación de muestreo

Como se ha indicado, la Directiva 2008/50/CE señala tanto en el preámbulo como en su articulado (artículos 21 y 22) la posibilidad de evaluación de las contribuciones de fuentes naturales, ya que no pueden controlarse. También la Ley 34/2007 establece en su artículo 8 la necesidad de información al público sobre la metodología de descuento seguida y la justificación de los descuentos.

En primer lugar, se ha comprobado el cumplimiento de los valores legales, tanto para el nivel medio anual, como el número de días que se supera el valor límite diario. Siguiendo la metodología propuesta en el apartado de materiales y métodos, punto “4.4.2. Procedimiento de cuantificación de la carga neta de polvo africano sobre los niveles de PM_{10} ”, se han contabilizado los días de intrusión, se han obtenido los valores diarios achacables a la intrusión para la estación de referencia de fondo regional y descontado del correspondiente valor en las estaciones de aplicación del mismo, generando las oportunas variables en la base de datos.

Como ya se ha visto en la Tabla 5.8, y manteniendo las consideraciones de la disponibilidad de datos indicada en la Tabla 4.1, Santa Ana es la única estación que supera el umbral del valor medio anual, lo que ocurre en 2004 con $47 \mu gPM_{10}/m^3$. Incluso tras sustraer la carga de polvo a aquellos días con intrusión, se supera el umbral

6. Discusión

normativo alcanzando el valor de $41 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ (Tabla 5.56). Si simplemente se retirasen del calendario los días cuando hay intrusión, es decir, no restar la carga de polvo al total de material particulado, igualmente se estaría superando la concentración legal con $42 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$.

En cuanto al número de superaciones al valor límite diario (Tabla 5.56b) el problema está en Bastarache en el año 2004 al registrarse 74 días por encima de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, la infracción del límite de superaciones anuales no está causado por los episodios de polvo africano, pues aún cuando se retiran todos los días que hay intrusión, el número de superaciones es de 38. Si se contabilizan los días por encima del valor límite diario sin intrusión más los días con intrusión y que tras restar la carga de polvo africano se supera el umbral diario (cuatro días), se obtienen 42 días en total.

Como se ha indicado, las estaciones orientadas a la medida del fondo regional de partículas, además de este fondo regional también registran aportes provenientes de otras fuentes, sean contribuciones de polvo africano, locales u ocasionales de otro tipo. Se ha comentado que por la propia naturaleza de las estaciones de fondo regional, estas estaciones tratan de colocarse alejadas de aportes cercanos que alteren la concentración y composición del fondo regional, pero esa idea es utópica y los valores brutos que registran las estaciones de fondo regional no sólo son los niveles de fondo regional. Escudero et al. (2007) estudiaron en trece estaciones de fondo regional de la Península Ibérica los percentiles 5, 10, 15, 30, 40 y 50 y encontraron que el percentil 30 era el que mejor se ajustaba al propósito de asociar un valor de fondo regional. Por ello en esta tesis se considera el percentil 30, aunque Pey Betrán (2007) adopta el percentil 40 en sus estudios de las Islas Baleares y Cataluña. Se ha considerado, que el percentil 30

6. Discusión

mensual móvil centrado en el decimoquinto día, para cada día de medida, sin considerar aquellos valores de los días que hay episodio de polvo africano, es un valor que se asume como correspondiente al fondo regional en la estación.

De las estaciones de fondo regional que se han analizado, Zarra, en el sector Levante, es la que menos coincidencias con Cartagena presenta en días de intrusión comunes (Tabla 5.57). A pesar de que Níjar y Víznar tienen las mismas coincidencias en los días de intrusión con Cartagena, se ha tomado como referencia siempre que ha sido posible Níjar, por estar más próxima y ser su altitud menor, el 57% de los casos. Cuando falta el dato de Níjar se ha tomado el de Víznar, el 14% de los casos. Para los días con intrusión en Cartagena, pero que no hay tal intrusión ni en Níjar ni en Víznar, se ha tomado como estación de referencia la de Zarra, en el 9% de los casos. Aún así, para el 20% de los casos ninguna de las tres estaciones de referencia es válida para realizar la sustracción, ya que:

a) Una vez calculada la carga neta de polvo en las estaciones de fondo, al realizar la sustracción con respecto a las estaciones de Cartagena, se obtendría un número negativo, lo que no tiene sentido desde un punto de vista físico, esto ocurre en el 3% de los casos. Para estos casos se ha utilizado la propia estación de Cartagena en el cálculo del percentil 30 móvil mensual, sin los días de intrusión, utilizando este valor para los días con intrusión.

b) Se detecta intrusión en Cartagena pero ninguna de las estaciones de referencia regional es alcanzada por la misma. Esto ocurre en el 17 % de los casos. En estas circunstancias se considera una supuesta intrusión en la correspondiente estación de fondo regional según el orden de preferencia del apartado “4.4.2. Procedimiento de

6. Discusión

cuantificación de la carga neta de polvo africano sobre los niveles de PM_{10} ”; luego se procedo de modo habitual.

Por otro lado, se ha detectado que en 9 de los días estudiados, se da intrusión en las estaciones de fondo regional y sin embargo, no hay intrusión en Cartagena. Por último, en 48 días de los que se da intrusión en la ciudad, al sustraer el fondo regional, se han obtenido valores por debajo de $10 \mu g PM_{10}/m^3$; para estos días, tal como se ha explicado en el apartado “4.4.2. Procedimiento de cuantificación de la carga neta de polvo africano sobre los niveles de PM_{10} ”, se ha dejado el valor obtenido, aunque se debe ser consciente de que es un valor muy bajo para un lugar como Cartagena, y que sería aconsejable establecer una discusión a nivel global respecto al valor mínimo que debería aceptarse una vez realizada la sustracción. Por ejemplo, no aceptar valores inferiores al valor mínimo de la serie temporal eliminados los días con intrusión, o al del percentil 30 móvil de la serie temporal anual sin considerar los días de intrusión.

6.11. Contribución de fuentes al material particulado

Hasta este momento, en la memoria, se ha analizado la evolución de las variables respecto a diferentes criterios: temporales, espaciales, presencia de intrusión, situaciones sinópticas o dominios predominantes de los vientos. Como complemento a esta información se ha realizado un estudio específico de contribución de fuentes a los niveles de material particulado en Cartagena. Para ello se han aplicado dos tipos de modelo de receptor, dentro del grupo perteneciente al Análisis Factorial. El primero está basado en un análisis de componentes principales que se ha complementado con un análisis de regresión lineal múltiple para poder definir las aportaciones de cada fuente a

cada valor diario de materia particulada. El segundo está basado en la metodología de la factorización matricial por positividad (PMF).

6.11.1. Análisis de Componentes Principales con Regresión Lineal Múltiple (ACP-RLM)

El análisis de componentes principales realizado sobre la base de datos de materia particulada en Cartagena ha seguido el criterio de extracción de factores definido en el apartado “4.5.2.1. Análisis de componentes principales y regresión lineal múltiple (ACP-RLM)”;

esta condición es la extracción de aquellos factores con autovalores mayores a la unidad. Así pues, se presentan seis factores en Bastarreche para la base de datos de PM_{10} , que explican el 86% de la varianza de los datos iniciales; y cinco factores en Santa Ana, tanto para la base de datos de PM_{10} como la de $PM_{2.5}$, que a su vez explican el 84% y el 76%, respectivamente, de la varianza de los datos iniciales.

En la solución final adoptada para la aplicación del modelo ACP-RLM, los factores extraídos por las estaciones de muestreo sobre las que se aplica esta técnica (Bastarreche y Santa Ana) son:

a) Para PM_{10} en Bastarreche la asociación propuesta entre factores y fuentes se corresponde con: F1 Mineral; F2 Tráfico; F3 Secundario; F4 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F5 Marino y F6 Astillero (Tabla 5.58).

b) Para PM_{10} en Santa Ana la asociación propuesta entre factores y fuentes se corresponde con: F1 Mineral; F2 Secundario; F3 Marino; F4 Industrial de Cartagena y F5 Tráfico (Tabla 5.60).

6. Discusión

c) Para $PM_{2.5}$ en Santa Ana la asociación propuesta entre factores y fuentes se corresponde con: F1 Mineral; F2 Tráfico; F3 Industrial de Cartagena; F4 Marino y F5 Fábrica local de producción de zinc electrolítico (Tabla 5.62).

Puesto que el modelo ACP-RLM presenta diferencias destacadas en los factores extraídos en las tres poblaciones de aerosol muestreado, tanto en su número como fuente asociada, se hace necesaria una revisión detallada de los factores descritos por esta técnica. Tal como se ofrece en el apartado siguiente, los factores descritos en la PMF presentan mayor homogeneidad entre estaciones de muestreo, por lo que entonces la descripción de los factores se presenta para el conjunto de las poblaciones.

A continuación, se recoge el detalle del comportamiento de factores en las fracciones PM_{10} y $PM_{2.5}$ sobre los que se ha aplicado el ACP-RLM:

a) Bastarreche PM_{10} (Tablas 5.58 y 5.59):

El factor “Mineral” explica el 40% de la varianza debiendo su nombre a que su perfil está marcado por especies de origen mineral. El factor mineral constituye la fuente principal de Al_2O_3 , Ti y Rb, al contribuir con más del 70% de la masa de estos elementos; estas especies son trazadoras de eventos de intrusión de masas de aire africano (Salvador et al., 2004; Moreno et al., 2006; Querol et al., 2006). Por el contrario, la contribución de esta fuente es mínima (menor del 20%) en el caso de OM+EC, Na, NH_4^+ , Cu, Zn, Sn, Sb y Pb. El modelo teoriza que este factor no contribuye a NO_3^- , Cl^- y Cd. Aunque la definición propuesta de este factor no es exclusiva para los aportes de la intrusión de masas de aire africano; estos sí parecen tener gran trascendencia dentro del factor frente al peso de los aportes minerales regionales o locales. Conviene indicar la importante concentración que de algunos

6. Discusión

metales pesados como Pb, Cd, Cu y Zn se han encontrado en los suelos de Cartagena (Martínez García et al., 2001; Moreno-Grau et al., 2002). Por otra parte, la huella industrial del factor se denota por la contribución al V, Ni o SO_4^{2-} . Las especies V y Ni son trazadores de combustión (Canadian Chemical Producers' Association, 2001; Querol et al., 2002b; Salvador et al., 2004), mientras que el SO_4^{2-} indica envejecimiento, hecho que es coherente con los procesos de recirculación de masas de aire y la consecuente resuspensión local. En este factor, por tanto, aparece la influencia mineral autóctona y alóctona.

El factor “Tráfico” explica el 21% de la varianza con trazadores propios de esta actividad. Este factor constituye la principal fuente de OM+EC, NO_3^- , Sn y Sb (>70% de la masa). Esto está de acuerdo con las emisiones de hidrocarburos inquemados de los tubos de escape, la oxidación a NO_3^- de los óxidos de nitrógeno de los motores o el desgaste de las distintas partes de los vehículos (Canadian Chemical Producers' Association, 2001; Sternbeck et al., 2002). Así, los elementos Sb, Cu, Ba y Zn pueden proceder tanto de emisiones directas como de la erosión de neumáticos y frenos (Sternbeck et al., 2002; Wåhlin et al., 2006). La contribución de esta fuente es mínima (menor del 20%) en el caso de Mn, Cu, Ni y Sr. El modelo plantea que este factor no contribuye a Al_2O_3 , Na, Mg, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Ti, V, Rb ni Cd.

El factor “Secundario” explica el 8% de la varianza de los datos y contribuye con más del 70% de la masa únicamente en el caso de NH_4^+ (94%), mientras que contribuye con el 30% de NO_3^- y el 59% de SO_4^{2-} (Tabla 5.59). Atípicamente aparecen los dos trazadores habituales del aerosol secundario en el mismo factor: NH_4NO_3 y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, cuya diferencia de estabilidad termodinámica (Pósfai and Molnár, 2000) hace que

6. Discusión

frecuentemente se encuentren en diferentes factores (Querol et al., 2002b, 2006). En este factor aparecen V y Ni, que se consideran procedentes de una cercana combustión de fuel-oil (Pacyna, 1986) que se deja notar en esta estación de muestreo, hecho que se corrobora con la presencia de NH_4NO_3 , inestable y por lo tanto, con bajos periodos de existencia en la atmósfera. Este factor incluye SIC tanto de origen industrial como característicos de transportes a larga de distancia, envejecimiento de las masas de aire y recirculaciones.

El factor “Zn”, con una varianza del 7%, aglutina los elementos metálicos propios de la actividad metalúrgica de Cartagena: Cd (85%), Zn (42%), que junto con el tráfico (45%) representan la más elevada contribución de este elemento, y Pb (37%), también son relevantes Mn (31%) y Cu (24%). El comportamiento de Zn y Cd para este tipo de instalación fue estudiado por Querol et al. (2007b) quienes compararon campañas de muestreo con influencia de esta fábrica, con campañas en emplazamientos españoles bajo la influencia de otro tipo de procesos de producción química. Esta contribución tan clara de estos metales justifica el nombre asignado a este factor.

El factor “Marino” explica el 5% de la varianza, y tiene por trazadores a Cl^- (79%), Na (71%) y Mg (23%), elementos claramente vinculados a esta procedencia (Blas, 1963; Mészáros, 1999); además, el modelo no atribuye aporte a este factor para la mayor parte del resto de las especies.

El factor “Astillero” explica también el 5% de la varianza y tiene por trazadores más significados a Cr, Ni, Co y V. Los metales Cr y Ni se observan en procesos metalúrgicos y junto con Mn y Cd han sido descritos en soldaduras en la industria naval (U.S. Department of the Navy, 1996), este es el motivo por el que el factor se designa

6. Discusión

como “Astillero”. Aunque el aporte en masa de este factor se reduce al 3% (Figura 5.36), y a pesar de que el modelo atribuye una nula contribución porcentual a la masa de PM_{10} para el Cr y Ni, es interesante que el ACP pueda extraer este factor y permitir identificar esta fuente.

Tras aplicar el ACP, se ha efectuado la regresión lineal múltiple, utilizando como variable dependiente las diferentes variables cuantificadas en esta memoria. Al complementar el ACP con el modelo de regresión múltiple se consigue cuantificar la contribución de cada una de las fuentes a la variable estudiada, lo que mejora la comprensión del fenómeno con respecto al uso exclusivo del análisis factorial, que permite identificar las fuentes pero no cuantificarlas. Para la concentración de PM_{10} se ha obtenido una correlación adecuada entre los datos experimentales y los aportados por el modelo de regresión lineal múltiple, con un coeficiente de determinación de 0.73, y una recta de ajuste que presenta una pendiente de 0.73 y una ordenada en el origen de 0.32 (Figura 5.37).

En base al modelo de regresión lineal múltiple, la fuente mineral (Figura 5.36) contribuye con el 25% ($12.3 \mu gPM_{10}/m^3$) del aerosol, incluyendo aquí los aportes africanos, regionales de resuspensión o locales como puede ser la obra civil; también parte de otras emisiones antropogénicas se recogen en este factor (trazadas por V, Ni y SO_4^{2-}); la fuente tráfico contribuye con el 19% ($9.1 \mu gPM_{10}/m^3$); los aerosoles secundarios con el 17% ($8.1 \mu gPM_{10}/m^3$); la fuente designada por la fábrica local de producción de zinc electrolítico con el 3% ($1.6 \mu gPM_{10}/m^3$) y el astillero con el 2% ($1.0 \mu gPM_{10}/m^3$). La fracción que no se atribuye por ninguna de las fuentes anteriores ni por la fuente marina alcanza el 31% ($14.7 \mu gPM_{10}/m^3$). Como se ha indicado anteriormente,

6. Discusión

el 3% de contribución de la fuente marina se ha determinado empíricamente, (ver apartado “4.2.1.2.2.4. Determinaciones indirectas y nomenclatura de las variables”), como la suma de Na, Cl⁻ y SO₄²⁻_{marino}. El motivo de esta intervención con la fuente marina es que, siguiendo la misma metodología que con el resto de fuentes, la contribución predicha por el modelo sería de 4.2 µgPM₁₀/m³; valor que casi triplica la cantidad empírica de la fracción marina, estando bastante por encima de los valores de otras estaciones costeras del litoral mediterráneo (Querol et al., 2003). Existe correlación entre los niveles de Na y Cl⁻ y la fracción indeterminada, lo que podría estar motivando que el modelo asigne parte de la fracción indeterminada al aerosol marino, máxime si se tiene en cuenta la higroscopicidad de las sales marinas (Ebert et al., 2002) y el papel que el agua pueda desempeñar dentro de esta fracción no determinada. Por otro lado, ya se ha puesto de manifiesto en otros estudios realizados en Cartagena la posible procedencia desde otras fuentes del catión Na (Vergara Juárez, 2005), no faltando otros autores que consideran arriesgado atribuir a este catión una procedencia únicamente del aerosol marino (Akkoyunlu y Tanyanç, 2003; Treier et al., 2004). Los resultados que propone el modelo, a excepción de la fracción marina, son coincidentes en líneas generales con las fracciones que empíricamente se determinan en la Figura 5.1a. La fracción de OM+EC que se determina químicamente alcanza el 24% de la masa de PM₁₀, cuando ahora la fuente tráfico aporta el 19%; esta diferencia puede ser debida a que el resto de fuentes industriales también pueden contribuir a la emisión de hidrocarburos inquemados.

Cualitativamente, la fuente mineral es máxima en verano, coincidiendo con los episodios de polvo africano (Figura 5.39). La contribución del tráfico es máxima en

6. Discusión

invierno, con las condiciones desfavorables para la dispersión de los contaminantes. La mayor contribución de la fuente marina se produce en verano, al acentuarse entonces las brisas. Los secundarios no presentan ninguna clara preferencia estacional; algo que es lógico al estar dentro del mismo factor NH_4NO_3 y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: cuando uno se incrementa el otro disminuye como consecuencia de la inestabilidad térmica del primero en verano y la mayor oxidación en ese momento del SO_2 a SO_4^{2-} , situación contraria a la que aparece en invierno. En cuanto al astillero y la fábrica local de producción de zinc electrolítico, estas fuentes industriales mantienen unas concentraciones más o menos estables a lo largo del año; la excepción la constituye el día 23/11/2004 cuando, según el modelo, la fábrica local de producción de zinc electrolítico estaría contribuyendo a más de $20 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ (Figura 5.38).

Al revisar por estaciones del año la contribución de las fuentes a las variables que hace el modelo, se presentan algunos rasgos a destacar. En la Figura 5.40 se observa que la contribución industrial (fábrica local de producción de zinc electrolítico y astillero) al Ca es homogénea a lo largo del año, pero la fuente mineral es más alta para este metal en verano mientras que las contribuciones del tráfico lo hacen en invierno. El Mg está asociado a la fuente mineral la mayor parte del año, pero incrementa en verano la aportación de la fuente marina por asociación de la brisa. En el SO_4^{2-} es preponderante el factor secundario durante la mayor parte del año, pero vuelven a alcanzar los valores máximos en verano las fuentes marina, por la acentuación de las brisas marinas, y la mineral por las recirculaciones de las masas de aire. El V aparece asociado al factor secundario y al mineral, que se hace máximo en verano. El Zn tiene por fuentes el

6. Discusión

tráfico, la fábrica local de producción de zinc electrolítico y la fuente mineral. El Pb añade a las fuentes del Zn las denominadas astillero y secundario.

Otro aspecto a comentar es que el factor “Tráfico” resultante del análisis factorial en el PM_{10} de Bastarreche (Tabla 5.58) tiene una carga factorial para el Na de -0.36; es decir, contribución negativa de esta especie al factor. De ello se puede extraer que las contribuciones del tráfico se detectan en mayor medida cuando las contribuciones de Na son menores. El Na tiene su mayor peso en el factor marino (Tabla 5.58, 5.60, 5.62 y Figura 5.50). Cuando la contribución marina es máxima es en verano, al intensificarse la brisa marina. La posición del mar respecto de la ciudad de Cartagena está al sur (Figura 4.1); mientras que por los ejes de circulación congestionados de la villa, las grandes contribuciones del tráfico en Cartagena, tienen que llegar de los alrededores o del norte a las estaciones de Bastarreche y Mompeán. En la Tabla 5.6c se ve que en Bastarreche y Mompeán el viento que incrementa el valor de concentración de Na es “sur” mientras que en Santa Ana es “resto”; sin embargo, sólo hay tres casos para este dominio, un tamaño muestral excesivamente pequeño. De esta manera, con un tamaño muestral razonable, 42 casos, el dominio “sur” sería el que se asociaría a mayores concentraciones de Na. El comportamiento para este catión es de esperar por la posición de las estaciones de Bastarreche y Mompeán, dentro de la ciudad, y la de Santa Ana, que está más alejada del núcleo urbano y hacia el norte. Por tanto, es previsible que el rumbo que se ha denominado “norte” y que abarca sectores comprendidos en el cuarto y el primer cuadrante ($325-25^\circ$) provoque máximos en el tráfico en Bastarreche y Mompeán, pero no así en Santa Ana.

6. Discusión

La Tabla 5.7a muestra diferencias significativas en el Na del PM_{10} para los rumbos creados en las estaciones de Bastarreche y Mompeán; el rumbo en el que el Na es más alto en estas estaciones (Tabla 5.6) es el “sur”, lo que no ocurre así en Santa Ana. La variable OM+EC, trazador del tráfico, también presenta diferencias significativas en PM_{10} para los rumbos creados en las estaciones de Bastarreche y Mompeán; pero ahora el rumbo en el que se tienen los valores más altos para estas estaciones es el “norte”, lo que no ocurre así en Santa Ana. Para el $PM_{2.5}$ las diferencias significativas por estaciones del Na no se repiten, algo en concordancia con las modas más gruesas de acumulación del aerosol marino (Tanner y Wong, 2000). Sin embargo, la Tabla 5.7b para el $PM_{2.5}$ mantiene las diferencias significativas por rumbos en la variable OM+EC, encontrando los valores más altos en el rumbo “norte”.

Por último, el ACP del PM_{10} en Santa Ana no presenta la carga factorial negativa del Na en el factor tráfico (Tabla 5.60) como tampoco lo hace para el $PM_{2.5}$ de la misma estación (Tabla 5.62), por lo que esto vendría a reforzar la hipótesis anterior del papel que juega el viento según la posición de las tres estaciones: en Santa Ana un rumbo “sur” estaría arrastrando tanto la contribución marina como los grandes aportes de la ciudad, entre los que está el tráfico, mientras que en las otras dos estaciones un rumbo u otro son opuestos para los factores tráfico y marino.

b) Santa Ana PM_{10} (Tablas 5.60 y 5.61):

El factor “Mineral” explica el 53% de la varianza debiendo su nombre a que su perfil está marcado por especies de origen mineral. Tiene por trazadores a Rb, Fe, Mn, Al_2O_3 , Ti, K, Mg, Sr, P, Cr, As, Ca y V con carga factorial por encima de 0.50. Recoge influencias tanto de aportes minerales externos (episodios de polvo africano), como

6. Discusión

locales; particularmente son de relevancia los trabajos de construcción que se llevan a cabo en las inmediaciones de la estación en 2004. Al aparecer V, Ni, NO_3^- y SO_4^{2-} con cargas factoriales notables, este factor recoge la influencia de emisiones antropogénicas y de episodios de envejecimiento de las masas de aire con recirculaciones. En cuanto al aporte de masa, el factor mineral constituye la fuente principal de Al_2O_3 , Fe, Ti, Mn y Rb, con más del 70% de contribución a su masa. Por el contrario, la contribución de esta fuente es mínima (menor del 20%) para el Na, SO_4^{2-} , NO_3^- , Zn, Sb y Pb; no atribuyendo el modelo ninguna contribución de este factor al Cl^- ni NH_4^+ . Este factor presenta unas contribuciones muy similares a las del factor mineral en Bastarreche, lo que indicaría un alcance similar de la fuente en las dos estaciones.

El factor secundario explica el 12 % de la varianza de los datos y las mayores cargas factoriales corresponden a las variables NH_4^+ y NO_3^- (por encima de 0.5), seguido de SO_4^{2-} (Tabla 5.60). Cuando se analizan los resultados de las contribuciones de los factores en masa (Tabla 5.61), este factor secundario es la fuente principal de NH_4^+ (92%), mientras que contribuye con el 53% del NO_3^- , el 42% del SO_4^{2-} y el 42% del Cr. Se ha visto que el Cr es un metal que tiene una menor velocidad de deposición que otros metales como Al, Pb, Mn y Fe en las fracciones granulométrica de las 2 a 10 micras y por debajo de 1 micra (Guerzoni et al., 1999); por tanto, su tiempo de residencia en la atmósfera será mayor, pudiendo acompañar a masas de aire más envejecidas en las que se han podido formar aerosoles secundarios.

El factor marino explica el 9% de la varianza y en él las cargas factoriales más altas corresponden a Cl^- y Na, 0.91 y 0.89, respectivamente, también las variables Mg y SO_4^{2-} aparecen en este factor pero con cargas factoriales menores a 0.5 (Tabla 5.60). En

6. Discusión

cuanto a la contribución a la masa de las variables en los diferentes factores, el factor marino es la principal fuente de Na (94%) y Cl^- (74%), el Mg representa el 34% y el SO_4^{2-} el 19%. Estas especies tienen su origen en el mar (Pósfai y Molnár, 2001), que en el caso del SO_4^{2-} marino, procede de la oxidación de compuestos orgánicos con origen en el fitoplancton como el dimetilsulfuro y que terminan oxidándose a SO_4^{2-} (Andreae y Crutzen, 1997; Andreae et al., 2003).

El cuarto factor, que ha sido denominado Industrial-Cartagena, explica un 5% de la varianza, y en él alcanzan las mayores cargas factoriales el Ba, Ni, SO_4^{2-} , Pb y V, todos ellos por encima de 0.5, y las variables Zn, NO_3^- , As, Sr, Ca y Mg, con cargas factoriales menores de 0.5 y mayores de 0.25. Como puede verse son trazadores de fuentes diversas, la mayor parte antropogénicas. Por la posición de Santa Ana, algo alejada del núcleo de la ciudad y como estación de muestreo de carácter suburbano, se puede esperar que los aportes industriales que llegan desagregados hasta Bastarreche, lo hagan mezclados y diluidos a Santa Ana. Este factor constituye la fuente principal de Ba (85%) en términos de masa, y contribuye también con porcentajes elevados al Ni (48%) y Pb (38%). Al tratarse de una mezcla de emisiones, esta fuente destaca por contribuir a los niveles de la práctica totalidad de los elementos analizados (todos excepto Cl^- y OM+EC) aunque con porcentajes relativamente bajos (Tabla 5.61).

El factor “Tráfico” explica el 4% de la varianza de las muestras. Tiene por trazadores importantes a OM+EC, Sb y Zn cuyas cargas factoriales superan los 0.50. En cuanto a la contribución en masa, el factor tráfico constituye la principal fuente de OM+EC (83%), Zn (78%) y Sb (73%). También contribuye este factor de un modo importante a los niveles de Ca, P y As, todos ellos con contribuciones superiores al

6. Discusión

50%. Las contribuciones a estas especies químicas se encuentran dentro de las emisiones típicas que se originan en el tráfico, bien por la combustión, desgaste o resuspensión por rodadura sobre la vía (Canadian Chemical Producers' Association, 2001). Debido a que en la zona se dan otras fuentes de arsénico, como los procesos industriales metalúrgicos o los yacimientos locales de minerales sulfurados con posibles sustituciones isomorfas de As (Del Valle Alonso et al., 1970), no se esperaba una contribución tan alta para esta variable en el factor tráfico. El alcance de las contribuciones del tráfico de la ciudad, que llegarían a Santa Ana con el viento eminentemente de rumbo “sur”, puede comportar el arrastre de otras especies además de las trazadoras del tráfico. No obstante, Viana et al. (2005) ya encontraron en la ciudad de Barcelona cantidades importantes de As en una estación de muestreo de fondo urbano pero con alta influencia de tráfico intenso. También conviene indicar que en las proximidades de Santa Ana se encuentra un circuito de velocidad, que podría contribuir al incremento del peso del tráfico en este punto.

Siguiendo con las últimas líneas del párrafo anterior y a la vista de las consideraciones anteriormente hechas para la lectura de la Tabla 5.7a (donde se recogen las diferencias significativas según el rumbo de viento dominante en aquellas especies químicas en las que hay diferencias significativas de haber o no intrusión de masas de aire africano), se puede decir que de las especies químicas de esta tabla que presentan diferencias significativas en el PM_{10} según el rumbo del viento, para todas ellas el rumbo dominante es el “sur” en Santa Ana, lo que se considera asociado al transporte de las masas de aire que han atravesado la ciudad.

6. Discusión

Al aplicar el análisis de regresión lineal múltiple tras realizar el ACP, tomando como variable independiente la concentración de PM_{10} , se obtiene el correspondiente modelo. Los datos del modelo correlacionan muy bien con los datos experimentales, con un coeficiente de determinación de 0.93, la recta de calibrado tiene una pendiente prácticamente la unidad y la ordenada en el origen algo más alejada del cero, 3.95 (Figura 5.42).

La fuente mineral contribuye con el 30% ($13.4 \mu gPM_{10}/m^3$) del aerosol (Figura 5.41), incluyendo aquí aportes africanos, de obras de construcción próximas a la estación y otras contribuciones antropogénicas; la fuente tráfico contribuye con el 26% ($11.9 \mu gPM_{10}/m^3$); los aerosoles secundarios con el 23% ($10.3 \mu gPM_{10}/m^3$); la fuente designada por los aportes industriales de Cartagena con el 12% ($5.6 \mu gPM_{10}/m^3$). La fracción que no se atribuye a ninguna de las fuentes anteriores ni a la fuente marina es el 5% ($2.3 \mu gPM_{10}/m^3$). Como en el caso de Bastarreche, con respecto a la fuente marina los valores corresponden a la suma de la fracción química que se determina empíricamente. En este caso la contribución predicha por el modelo sería de $5.6 \mu gPM_{10}/m^3$; un valor incluso mayor que el asignado por el modelo para la fuente marina en la estación de Bastarreche ($4.2 \mu gPM_{10}/m^3$), que se encuentra más próxima al mar. Se sigue considerando que el modelo asigna erróneamente parte de la contribución de Na de origen no marino como aerosol marino, por lo que se hace necesario corregir este factor.

En el PM_{10} de Santa Ana los resultados que propone el modelo, varían marcadamente con respecto de la analítica química (Figura 5.1b) para la fracción carbonosa y la fuente tráfico. La fracción química carbonosa suma el 10%, pero en

6. Discusión

Santa Ana el tráfico corresponde con el 26%, lo que encuentra explicación en la mayor resuspensión que la circulación provoca en zona de obras. Los SIC determinados químicamente (22%) y el factor secundario (23%) son casi coincidentes; ahora bien, otros aportes de SIC aparecen en el factor industrial de Cartagena.

La evolución temporal de las fuentes se ilustra en la Figura 5.43. La fuente mineral alcanza los mayores valores en verano coincidiendo, como en Bastarreche, con las intrusiones de masas de aire africano que se pueden ver en la Figura 5.39, pero también tiene máximos relativos en los primeros meses de 2004 por las obras de construcción cercanas. Las brisas marinas hacen que los aportes de la fuente marina alcance los mayores valores cuando la intensidad de estos vientos es máxima: en los meses de verano. A este respecto tampoco es de extrañar que la intensidad temporal de las brisas marinas resuspenda y reincorpore a la atmósfera partículas de otra naturaleza no exclusivamente marina, tal es el caso de la fracción mineral. Además, puesto que las brisas marinas arrastran hasta Santa Ana los aportes industriales de Cartagena, el factor industrial de Cartagena también alcanza los registros más altos en verano. El factor tráfico y los secundarios no muestran con claridad la existencia de estacionalidad.

En la Figura 5.44 se ve cómo la contribución temporal de las fuentes para Ca, SO_4^{2-} , NO_3^- , V, Sr y Pb. Ca y NO_3^- tienen al tráfico por una fuente más o menos constante a lo largo del año, pero Ca, Sr y V también reflejan picos asociados al factor mineral. Las especies SO_4^{2-} , V y Pb muestran picos estivales dados por la fuente industrial de Cartagena que, como ya se ha indicado, se acentúa cuando la brisa marina se incrementa.

c) Santa Ana $\text{PM}_{2.5}$ (Tablas 5.62 y 5.63):

6. Discusión

El primero de los factores identificado es el mineral, que explica el 35 % de la varianza de los datos; elementos representativos del aporte de suelos al aerosol presentan las mayores cargas factoriales en el factor, por encima de 0.5, Ti, Fe, Al_2O_3 , Mn, Rb, K y Ca, y menos de 0.5 pero más de 0.25, Ni, Na, V y Mg. En cuanto a la contribución en masa (Tabla 5.63), el factor mineral constituye la fuente principal de Al_2O_3 , Fe, Ti y Mn, contribuyendo ese factor en cada uno de ellos en más del 70% de su masa. Por el contrario, la contribución de esta fuente es mínima (menor del 20%) en el caso de Na, SO_4^{2-} , As y Sb. El modelo no asigna contribución de este factor para NO_3^- , NH_4^+ , Zn, Cl^- y Pb. La ausencia de contribución en este factor de los metales Pb y Zn parece estar en contradicción con estudios previos realizados en la zona (Moreno-Grau et al., 2002). Sin embargo, la fracción $\text{PM}_{2.5}$ va a recoger menor cantidad de aportes de partículas que se suspendan en la atmósfera con origen mecánico que el PM_{10} (Querol Carceller, 2004). Este factor recoge influencias de aportes minerales externos y locales, hay que destacar los trabajos de construcción realizados en las inmediaciones de la estación en el año 2004.

El segundo de los factores es el tráfico, que explica el 19 % de la varianza, en él las cargas factoriales mayores de 0.5 corresponden a OM+EC, NO_3^- , Cl^- , Sb y K, y las variables Pb, As, NH_4^+ y Mg presentan cargas factoriales comprendidas entre 0.25 y 0.5. Este factor representa el 40 % de la masa de $\text{PM}_{2.5}$; a su vez, el factor (Tabla 5.63) constituye la principal fuente de OM+EC, NO_3^- y Sb (mayor del 70% de la masa). Esta fuente contribuye también con el 30-50% de la masa de K, NH_4^+ , As y Pb. Frente al perfil de concentraciones del factor tráfico obtenido del ACP-RLM en la fracción PM_{10} de Santa Ana, en el $\text{PM}_{2.5}$ se aprecia una mayor contribución de los trazadores del

6. Discusión

tráfico que se caracterizan por su menor diámetro de partícula, como son NO_3^- y Cl^- con origen en la combustión. Este fenómeno ya se observaba con mayor nitidez incluso en el estudio de las cargas factoriales para los dos tamaños de partículas en la estación (Tabla 5.60 y 5.62), donde trazadores del tráfico con procedencia de procesos de génesis mecánicos (por ejemplo Zn y Sb) están más significados en PM_{10} .

El tercer factor es el que se ha denominado Industrial-Cartagena, que explica un 10% de la varianza, en el que las variables con cargas factoriales por encima de 0.5 son SO_4^{2-} , V, Ni, As y NH_4^+ , y entre 0.25 y 0.5 para las variables Pb, NO_3^- y Mg. En cuanto a la contribución en masa, este factor, que representa el transporte de contaminantes desde Cartagena, constituye la fuente principal de Ni (80%) y de V (77%), así como el 66% de la masa de SO_4^{2-} y el 52% de NH_4^+ . Estas especies estarían indicando el envejecimiento de las masas de aire y el mayor tiempo de residencia.

El cuarto de los factores se identifica como marino, explica el 7% de la varianza, Na y Cl^- presentan las cargas factoriales por encima de 0.5. Pb, Ni, OM+EC y Ca tienen cargas factoriales en valor absoluto mayores o iguales a 0.25 (aunque menores de 0.5), pero sólo para el plomo la carga factorial es positiva, las otras tres variables presentan cargas factoriales negativas, lo que indica que su incremento produce una menor manifestación del factor en cuestión (Tabla 5.62). En cuanto a la contribución en masa de cada fuente a cada variable (Tabla 5.63) este factor es la principal fuente de Na (95%) y Cl^- (60%). Representa el 29% de Mg y el 18% de SO_4^{2-} . Volviendo sobre la actuación de los vientos, presenta también trazas de As y Pb como consecuencia del transporte de las masas de aire desde la costa sobre el área de Cartagena.

6. Discusión

El quinto factor se ha asociado a la fábrica local de producción de zinc electrolítico, explica el 5% de la varianza, y en él tan sólo el zinc presenta una carga factorial por encima de 0.5, la otra variable que presenta una carga factorial alta (0.34) es el Pb. Cuando se realiza la regresión lineal múltiple para el zinc, este factor contribuye con una sobreestimación de 11 puntos porcentuales a la masa total del Zn (Tabla 5.63), siendo la única fuente de este metal en este punto y fracción. Este factor también contribuye aunque de forma minoritaria a los niveles de Pb, K, SO_4^{2-} , As, y Cl^- .

Tras realizar el análisis de regresión lineal múltiple para la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ y comparar los resultados del modelo con los experimentales (Figura 5.46), se encuentra un coeficiente de determinación alto, de 0.78, con una recta de calibrado que tiene una pendiente de 0.76 y una ordenada en el origen de 1.66. La contribución a la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ de cada fuente (Figura 5.45) es del 40% para el tráfico ($9.4 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$), seguido por el factor industrial de Cartagena con el 27% ($6.3 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$); el factor mineral supone el 9% ($2.1 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$); el factor marino se reduce al 2% ($0.5 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$), lo que es concordante con la granulometría eminentemente gruesa del aerosol marino (Querol et al., 2001a); el factor que se identifica con la fábrica local de producción de zinc electrolítico tiene una contribución por debajo del 1% (un promedio de $0.03 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$). La masa de material particulado $\text{PM}_{2.5}$ que el modelo deja sin asignar a alguna fuente es de $5.1 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$, esto representa un 22% de indeterminación.

En el $\text{PM}_{2.5}$ de Santa Ana los resultados que propone el modelo, varían notablemente con respecto de la analítica química (Figura 5.1d) para la fracción carbonosa (18%) y la fuente tráfico (40%); ligeramente para la fracción mineral

6. Discusión

determinada químicamente (14%) frente a la del modelo (9%); y también ocurre algo similar con los SIC determinados químicamente (31%) frente al que podría ser el factor industrial de Cartagena donde estas especies se recogen.

La fuente mineral alcanza los valores máximos en verano (Figura 5.47) coincidiendo con las intrusiones de masas de aire africano (en la Figura 5.39 pueden verse los días con intrusión), pero también tiene máximos relativos en los primeros meses de 2004 por la obras próximas a la estación. El tráfico sí presenta ahora el incremento invernal característico. La fuente marina tiene un aporte de $0.5-0.6 \mu\text{gPM}_{2.5}/\text{m}^3$ relativamente constante durante todo el año, con episodios puntuales. Tanto el factor industrial de Cartagena como la fábrica local de producción de zinc electrolítico plantean picos aleatorios; en el primer caso la contribución a los SIC (Tabla 5.63), debido a la estacionalidad antagónica de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y NH_4NO_3 . Por otro lado, destaca el mínimo de la contribución de este factor entre diciembre de 2004 a enero de 2005.

En la Figura 5.48 se ve representada la contribución temporal de las fuentes para Ca, K, NO_3^- , Ni, Sb y Pb. Mientras que Ca, K y Pb son aportados por las cinco fuentes descritas, sólo dos de las cinco fuentes identificadas contribuyen a las otras tres especies químicas: Sb y NO_3^- tienen al tráfico por fuente principal, en verano los aportes de la fuente mineral al Sb y de la industrial de Cartagena al NO_3^- son importantes. El Ni tiene a los aportes industriales de Cartagena como fuente destacable y, minoritariamente, a la contribución mineral. Junto con el Pb, el Ni muestra picos estivales dados por la fuente industrial de Cartagena que, como ya se ha indicado, se acentúa cuando la brisa marina se incrementa. El Ca y K reflejan picos asociados al factor mineral; además para el K también se puede destacar el factor tráfico. Puede observarse cómo la contribución de la

6. Discusión

fuelle Industrial-Cartagena vuelve a presentar los valores mínimos para algunas de las variables entre diciembre de 2004 a enero de 2005.

Como ocurría con el viento con la fracción PM_{10} en esta estación, la fracción $PM_{2.5}$ repite el comportamiento descrito, es decir, cuando el viento procede del sector “sur” se registran los valores medios más altos para las concentraciones de las variables Al_2O_3 , Ca, Ti, Cr, Ni, Rb, Sr, La y Ce, representando el aporte de las masas de aire que pasan por la ciudad al aerosol recogido en Santa Ana.

6.11.2. Factorización Matricial por Positivación (PMF)

Antes de entrar en la discusión de los resultados de los modelos finalmente propuestos, se va a comentar brevemente qué criterios se han seguido para escoger la solución con ocho factores para todos los conjuntos de datos estudiados.

a) Bastarreche PM_{10} :

Los cambios reseñables al pasar de ocho factores (solución final propuesta) a siete, los experimentan el SO_4^{2-} secundario y en menor medida el tráfico. Ya que el SO_4^{2-} secundario es indicador de envejecimiento y recogería aportes que se van manteniendo en la atmósfera por tiempo, se opta por aislar la nueva “fuente” que surge: la “Central eléctrica”, que de lo contrario se diluiría en el aerosol secundario. La supuesta novena “fuente” no refleja gran coherencia para ser aislada.

b) Santa Ana PM_{10} :

Al pasar de ocho factores (solución final propuesta) a siete se producen cambios ligeros en la mayoría de los factores siendo máximos en el NO_3^- secundario con una

6. Discusión

diferencia del 3%. Como el NO_3^- secundario es igualmente parte de la fracción de aerosoles secundarios, se opta por aislar la nueva “fuente” que surge: la “Central eléctrica”, que de lo contrario se diluiría entre el aerosol secundario y el resto de factores. La supuesta novena “fuente” no refleja gran coherencia para ser aislada.

c) Mompeán PM_{10} :

Al pasar de ocho factores (solución final propuesta) a siete se produce un cambio brusco en el factor asociado con la fuente de la “Refinería”, el “Tráfico” y el “Marino”; pero lo que es más concluyente es que fusiona los dos tipos de aerosol secundario a pesar de su antagónica estacionalidad. Así pues, se opta por aislar la nueva “fuente” que surge: la “Central eléctrica”. La supuesta novena “fuente” no refleja gran coherencia para ser aislada.

d) Santa Ana $\text{PM}_{2.5}$:

Al pasar de ocho factores (solución final propuesta) a siete desaparece la “fuente” de la fábrica local de producción de zinc electrolítico, que se mezcla con parte de lo que sería el aerosol marino; otra cantidad del marino pasaría a estar en un factor que agrupa a los dos tipos de secundario. La supuesta novena “fuente” no refleja gran coherencia para ser aislada.

e) Mompeán $\text{PM}_{2.5}$:

Al pasar de ocho factores (solución final propuesta) a siete desaparece la “fuente” de la fábrica local de producción de zinc electrolítico, lo que sería una pérdida controvertida en el panorama de fuentes de la ciudad. Al ensayar la supuesta novena “fuente” se segmentan dos factores con pesos considerables de metales pesados y de

6. Discusión

OM+EC; esta disgregación podría apuntar a la separación de la “fuente Tráfico”, pero no se halla sustento para que sea defendida.

Por lo tanto, en la solución final adoptada para la aplicación del modelo PMF se han extraído ocho factores para cada uno de los cinco casos estudiados. La Figura 5.49 representa con el diagrama de sectores las contribuciones de los factores a la masa de PM_{10} y $PM_{2.5}$, en $\mu g/m^3$ y porcentaje, de las estaciones de muestreo. En la Tabla 5.64 se recoge la contribución de cada factor a cada variable determinada en cada estación de muestreo y por tamaño de partícula su información se puede resumir como:

a) Para PM_{10} en Bastarreche (Tabla 5.64a) las asociaciones sugeridas para los factores son: F1 Marino; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 SO_4^{2-} secundario; F4 Refinería; F5 Intrusión y otras contribuciones crustales; F6 NO_3^- secundario; F7 Central eléctrica e influencia local y F8 Tráfico.

b) Para PM_{10} en Santa Ana (Tabla 5.64b) los factores se han identificado como: F1 Central eléctrica e influencia local; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3 Refinería; F4 Marino; F5 SO_4^{2-} secundario; F6 Intrusión y otras contribuciones crustales; F7 NO_3^- secundario y F8 Tráfico.

c) Para PM_{10} en Mompeán (Tabla 5.64c) los factores se han asociado a: F1 NO_3^- secundario; F2 Central eléctrica e influencia local; F3 Intrusión y otras contribuciones crustales; F4 Marino; F5 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F6 Tráfico; F7 SO_4^{2-} secundario y F8 Refinería.

d) $PM_{2.5}$ en Santa Ana (Tabla 5.64d) los factores se han identificado como: F1 Influencia de la construcción; F2 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F3

6. Discusión

Refinería; F4 SO_4^{2-} secundario; F5 Intrusión y otras contribuciones crustales; F6 NO_3^- secundario; F7 Tráfico y F8 Marino.

e) $\text{PM}_{2.5}$ en Mompeán (Tabla 5.64e) los factores se han asociado a: F1 SO_4^{2-} secundario; F2 Central eléctrica e influencia local; F3 Fábrica local de producción de zinc electrolítico; F4 Intrusión y otras contribuciones crustales; F5 NO_3^- secundario; F6 Tráfico; F7 Refinería y F8 Marino.

Aunque en todos los casos se han extraído ocho factores, las fuentes totales resultantes son nueve, ya que en el caso de Santa Ana en la fracción $\text{PM}_{2.5}$ no se diferencia el factor que indica la contribución de la central eléctrica y sí que se distingue un factor que por su perfil se ha asimilado a las obras de construcción cercanas a la estación. La asignación de los factores a fuentes se ha realizado de un modo análogo al que se ha presentado y discutido en el caso del ACP, por ello, no se va a entrar ahora en esta discusión.

A continuación se van a discutir los resultados que de modo gráfico se han presentado en las Figuras 5.50 a 5.58 para cada uno de los factores extraídos y que se han asociado a fuentes. En estas figuras sólo se han recogido aquellos aspectos destacables, por lo que si no se muestra la evolución semanal de una especie, es porque no se han encontrado cambios reseñables en su comportamiento. También se debe indicar que en términos de masa, las especies químicas mayoritarias pueden aparecer en un factor aunque porcentualmente puede que no sean las más representativas para ese factor. Por ejemplo, véase lo que ocurre con el OM+EC en la Figura 5.50b, donde el factor marino aporta una cantidad considerable de OM+OC y, simultáneamente, el porcentaje de la especie que explica es pequeño.

6. Discusión

Los aspectos más destacables para cada factor identificado son:

a) Marino:

La primera de las gráficas (Figura 5.50a) muestra el patrón estacional, en este caso en Bastarache para la fracción PM_{10} . Para todos los casos se observa un incremento en verano-primavera, no habiéndose encontrado patrón semanal en este caso. Las especies químicas Na, Cl^- , Mg, SO_4^{2-} y Pb están acentuadas en este factor en términos o de su porcentaje o masa. La presencia de metales pesados en este factor podría también estar referida al ciclo de las brisas marinas, alcanzando los valores máximos en verano.

b) Intrusión y otras contribuciones crustales:

No hay patrón semanal pero se observa un descenso en invierno (Figura 5.51a). Las especies químicas Al_2O_3 , Ca, K, Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , Li, P, Ti, Mn, Co, Rb, Sr, Cs, La, Ce, Pr y Nd son destacables en este factor en cuanto a su importancia en masa o porcentaje. Contribuyen de un modo claro a este factor las especies químicas que se relacionan con episodios de aporte de partículas procedentes de África; la presencia de SO_4^{2-} en este factor ha sido previamente reseñada y se explica con el enriquecimiento de las masas de aire en esta especie durante su transporte (Alastuey et al., 2005). En este factor también se incluyen, en su caso, los aportes minerales autóctonos.

c) Tráfico:

Hay un descenso en los fines de semana (Figura 5.52a) y normalmente durante primavera-verano (Figura 5.52b). Especies químicas relevantes en este factor en términos de su porcentaje o masa son OM+EC, Ca, Mg, Fe, P, Sr y Pb, todas ellas son especies trazadoras del tráfico (Canadian Chemical Producer's Association, 2001;

6. Discusión

Querol et al., 2006). Los metales Cu y Zn también son utilizados frecuentemente (Sternbeck et al., 2002; Querol et al., 2006; Wåhlin et al., 2006) como trazadores del tráfico, alcanzando una contribución importante en algunas de las estaciones y fracciones (Figuras 5.51c a 5.51g).

d) Fábrica local de producción de zinc electrolítico:

Aunque se observa un ligero descenso en los fines de semana (Figura 5.53a), no se observa un patrón claro de temporalidad; además, esta fábrica ha estado durante el periodo de tiempo que comprende el estudio en proceso de cierre, con un funcionamiento intermitente durante las campañas de muestreo. Se considera que esta es la causa de que cuando se evalúa la contribución que el modelo estima para cada factor en cada día, no aparezca la contribución de esta fuente para los días de la campaña 2006-2007. Las especies químicas K, Mg, Fe, SO_4^{2-} , Mn, Cu, Zn, Cd y Pb están destacadas en este factor en cuanto a su relevancia en masa o porcentaje en todos los casos. Las especies OM+EC, Al_2O_3 , Ca, P, Ti y Sn destacan en este factor en la mayor parte de los casos. El perfil de especies relevantes coincide con el esperado para las actividades productivas desarrolladas en la empresa en cuestión, en la que se obtiene zinc en un proceso electrolítico, a partir de la tostación de minerales de este elemento, con producción de ácido sulfúrico.

e) Refinería:

Se observa un descenso durante los fines de semana (Figura 5.54a) y en invierno (Figura 5.54b). Las especies químicas Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , NO_3^- , Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni y La destacan en este factor en términos de porcentaje o masa para todos los casos. Las especies OM+EC, Al_2O_3 , Ca, K, NH_4^+ , P, Cu, Zn y Pb son remarcables en este factor en

6. Discusión

términos de porcentaje o masa en la mayor parte de los casos. Los casos para los que la especie química OM+EC no se destaca en este factor ocurren en Santa Ana, tanto en la fracción PM_{10} como en la $PM_{2.5}$. Santa Ana es el punto de muestreo más alejado de la refinería y situado con respecto a ella al noroeste. Los flujos de viento predominantes en Cartagena son los del primer y tercer cuadrante, por lo que su situación dificulta la llegada de las masas de aire que pudieran proceder de la refinería, además, la distancia las habría diluido y los componentes presentes en ella habrían envejecido, por lo que algunos compuestos podrían haberse incorporado a la fase gaseosa y otros podrían haber desaparecido. Sin embargo, en el PM_{10} y el $PM_{2.5}$ de Santa Ana la fuente tráfico contiene notable aporte de OM+EC.

La presencia de V, Ni, Co y La ha permitido definir este factor como la refinería (Querol et al., 2007b). Los dos primeros indican combustión de petróleo, mientras que el La se utiliza como catalizador en los procesos relacionados con el craqueo del petróleo y ha sido identificado en los aerosoles atmosféricos en Texas (Kulkarni et al., 2006); sin embargo, el fraccionamiento del petróleo que actualmente se lleva a cabo en Cartagena no utiliza La.

f) Central eléctrica e influencia local:

Aparece un perfil semanal ambiguo; se observa un descenso durante verano-primavera (Figura 5.55a). Las especies químicas OM+EC, K, Mg, Fe, P, Mn, Co, Cu, As, Sb y Pb están acentuadas en cuanto a la relevancia del porcentaje o masa en todos los casos. Las especie Al_2O_3 , Ca, Na, SO_4^{2-} , Ti, V y Se tienen relevancia en la mayor parte de los casos. Las especies NO_3^- , NH_4^+ , Rb y Sr son también relevantes, aunque únicamente presentan importancia en dos de los cinco casos estudiados.

6. Discusión

En este factor también es relevante la presencia de plomo y otros metales que se encuentran en los suelos de la zona (Martínez García, 1996). Así mismo, se han encontrado destacables cantidades de Mn y As en el Mar Menor (María Cervantes, 2009) y, además de ellos, también de Fe, Cu, Zn y Sb en terrenos de la Sierra de Minera de Cartagena (Robles Arenas, 2007; García et al., 2008), por lo que se ha considerado que este factor recoge los aportes de la central térmica con influencias de la resuspensión de polvo local.

g) SO_4^{2-} secundario:

No se halla para esta fuente un patrón semanal claro. Sin embargo, este factor alcanza los mayores valores en verano-primavera (Figura 5.56a). Las especies químicas OM+EC, Al_2O_3 , K, Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , NH_4^+ , P, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Sn, Sb, La, Ce, Pr, Nd y Pb están destacadas en este factor en cuanto a la relevancia de su porcentaje o masa. El que en verano-primavera se encuentre la mayor contribución de este factor a los niveles de partículas está en la línea de lo que se ha venido comentando en esta memoria. Es decir, por un lado la descomposición del nitrato amónico que lleva a la formación del correspondiente sulfato que es más estable (Warneck, 1988; Mészáros, 1999). Por otro lado, las altas temperaturas propician una más rápida formación de sulfato secundario (Querol et al., 2006). Al ser el sulfato secundario un trazador persistente, que permanece aunque las masas de aire hayan recorrido grandes distancias, es lógico pensar que las mismas se vayan enriqueciendo en otras especies químicas.

h) NO_3^- secundario:

6. Discusión

No se halla un patrón semanal claro. Sin embargo, este factor alcanza los valores más bajos en verano-primavera (Figura 5.57a). Las especies químicas OM+EC, Al_2O_3 , Ca, K, Fe, NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , P, Se, Rb, Sn y Sb están destacadas para todos los casos en este factor en cuanto a la relevancia de su porcentaje o masa. Las especies Na, Mg, SO_4^{2-} , Li, Ti, V, Mn, Co, Cu, Sr y Pb contribuyen en varios de los casos, mientras que las especies Cr, Ni, Zn y As lo hacen en menor medida. Este factor recoge la presencia en el aerosol de partículas de origen secundario y se diferencia del anterior en la marcada presencia en este caso de NO_3^- , y la diferente estacionalidad. Sin embargo, en los dos se encuentra la presencia de indicadores de procesos industriales de alta persistencia en la atmósfera, por ejemplo: V, Cr y Pb (Guerzoni et al., 1999), que se asociarán más a los aerosoles con sulfato secundario en verano y a los que contengan nitrato secundario en invierno.

i) Construcción:

Este factor sólo aparece para uno de los casos estudiados: Santa Ana en la fracción $\text{PM}_{2.5}$. Se observa un ligero descenso durante los fines de semana (Figura 5.58a) y una preferencia por el verano (Figura 5.58b). Este factor puede estar relacionado con los trabajos de construcción próximos a la estación de muestreo. Las especies químicas OM+EC, Al_2O_3 , Ca, Na, Mg, Fe, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Li, P, Ti, V, Ni, Cu y Zn están destacadas en este factor por la relevancia de su porcentaje o masa.

En cuanto a los resultados obtenidos por los dos tipos de análisis factorial realizados, ACP y PMF, se puede decir que:

a) En los perfiles de los factores en el PM_{10} de Bastarreche (Tablas 5.58 y 5.64a), hay diferencias destacables entre el ACP y la PMF en la misma estación:

6. Discusión

a.1) Sólo se extraen seis factores mediante ACP, cuando por PMF son ocho.

a.2) Los SIC no se segregan en el ACP y aparecen en un único factor que supone importantes contribuciones como las de la refinería local (V y Ni tienen considerables cargas factoriales), mientras que sí que se separan en la PMF.

a.3) Con el ACP aparece un factor que, en vista de las cargas factoriales y de estudios sobre astilleros (U.S. Department of the Navy, 1996), se ha asociado con el astillero local. Mientras que en la PMF se describe un factor influido con probabilidad por la central eléctrica. Tal como se recoge en las subsecciones de la Tabla 5.64 y la Figura 5.50, este factor puede variar su composición de una campaña a otra y con los años. Sin embargo, se ha comprobado en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009) que las emisiones de la central eléctrica se reducen notoriamente con los años y la implantación de procesos de producción eléctrica más limpios. Por ejemplo la emisión de As a la atmósfera disminuye de 121 Kg en 2004 a 26 Kg en 2006.

Tras haber introducido el caso del As, otras especies químicas también muestran presencia llamativa en los factores. Junto con As, el Se es un elemento que a veces aparece relativamente acentuado en el factor con influencia local llamado “Central eléctrica e influencia local” (Figura 5.55). Pero el Se aparece marcado en factores como el marino (Figura 5.50) o alguno de los secundarios (Figuras 5.56 y 5.57). Se ha encontrado Se en aguas marinas en concentraciones de 54 ng/L (Quentel y Elleouet, 1999) y Pakkanen et al. (2001) encontraron correlación entre Se y As por un lado y por otro entre Na^+ y Mg^{2+} sugiriendo un posible origen marino para esos elementos en Finlandia. Además, *Salsola kali* es una planta costera que acumula Se (Wu et al., 1993)

6. Discusión

y fue ingentemente quemada en Cartagena hasta el siglo XIX para obtener sosa (Moreno Clavel, 1997). Por consiguiente, su presencia en los factores marino y secundario no es sorprendente. Para concluir, menas azufradas han sido históricamente explotadas en Cartagena (Moreno-Grau et al., 2002), por lo que la presencia de trazas de As y Se en estas menas (Del Valle Alonso et al., 1970) podría explicar la presencia mínima de estos elementos en los aerosoles.

b) Los perfiles de los factores de $PM_{2.5}$ en Santa Ana son distintos en el ACP y PMF (Tablas 5.62 y 5.64d):

b.1) Sólo cinco factores se aíslan por ACP correspondiendo a la fuente mineral, tráfico, marina, la fábrica local de producción de zinc electrolítico y una fuente correspondiente con una mezcla de aerosoles secundarios y emisiones de otras industrias.

b.2) Con EPA PMF3.0 se identifican en ocho factores las contribuciones de polvo africano (Figura 5.51d), la refinería (Figura 5.54d), las dos fracciones principales de SIC (Figura 5.56d y Figura 5.57d) y la influencia de los trabajos de construcción próximos a la estación de muestreo (Figura 5.58d).

Tanto Al_2O_3 como las Tierras Raras son especies prominentes durante los episodios de polvo africanas.

c) Los trabajos de construcción en los alrededores de la estación de Santa Ana se reflejan tanto en el ACP como en la PMF. Los elevados niveles de contribución de la fuente mineral en el ACP-RLM del PM_{10} de Santa Ana (Figura 5.41) suponen el 30% de la masa y $13.4 \mu g PM_{10}/m^3$ que superan la media obtenida en estaciones de fondo urbano y suburbanas en España (Querol et al., 2006). En la PMF esta influencia se manifiesta

6. Discusión

en el $PM_{2.5}$ asignando incluso un factor independiente a la preponderancia de esta fuente. Si se ve la evolución estacional de esa fuente (Figura 5.58b), esta última alcanza los valores máximos en verano. Se puede pensar que la intensidad de la brisa marina esté dejando su constancia y que el viento incremente la resuspensión de partículas, particularmente en este caso en las zonas con acumulación de polvo como son las inmediaciones de la estación.

La utilización de compuestos como $CaSO_4$ en los materiales de construcción asimismo afecta a los factores que agrupan a los aerosoles secundarios, en su caso los sulfatos secundarios.

Un ejemplo de la actividad diferencial de los contaminantes en Santa Ana se produce el día 19 de julio de 2004, cuando ocurre un máximo puntual en el factor de los sulfatos secundarios según la PMF. Al evaluar los niveles de material particulado para esa fecha, se observa que en Santa Ana las concentraciones de PM_{10} ($77 \mu gPM_{10}/m^3$) y $PM_{2.5}$ ($37 \mu gPM_{2.5}/m^3$) son especialmente elevadas. En el ACP-RLM para el PM_{10} de Santa Ana ese día aparece con importante carga el factor industrial de Cartagena. Ese mismo día en Bastarreche, estación que es un punto negro para el tráfico y más cercana al polo industrial del Valle de Escombreras, los niveles de PM_{10} son inferiores ($63 \mu gPM_{10}/m^3$) a los de Santa Ana. Con ello, parece poco probable que este incremento en Santa Ana esté mayoritariamente causado por el arrastre de contaminantes industriales desde Cartagena; por lo que la incidencia de las obras en las inmediaciones de la estación podría estar forzando al modelo a tal resultado.

El análisis de los resultados mostrados en las Tablas 5.4d y 5.4h también permite incidir sobre la huella de las obras en Santa Ana. Así, hay diferencias significativas al p-

6. Discusión

valor 0.05 en los valores de la ratio de las variables del peso gravimétrico de PM_{10} y $PM_{2.5}$ divididos entre sus fracciones crustales en días con y sin episodio de polvo africano. Pero estos valores son mayores en días sin intrusión que con intrusión. La propia definición de intrusión conlleva el aporte de mayor cantidad de partículas, por lo que si en los días que no hay intrusión la ratio es mayor, o bien la masa de las partículas es muy elevada en esos días o bien la masa de los crustales es muy baja; como lo último puede descartarse en una situación de obras, hay que pensar que ocurre lo primero y, por tanto, es un hecho sintomático de ingentes aportes, que serían los de las obras (que además de la fracción crustal estarían aportando otros componentes como el SO_4^{2-} del anteriormente citado $CaSO_4$).

d) La presencia de la fuente denominada fábrica local de producción de zinc electrolítico en todos los casos estudiados es nítida tanto por el ACP como por la PMF. Las emisiones trazadoras de la fábrica local de producción de zinc electrolítico es de esperar que tengan una granulometría eminentemente fina (Canadian Chemical Producers' Association, 2001).

Bastarreche y Mompeán están más próximas a la ubicación de la fábrica local de producción de zinc electrolítico que la estación de Santa Ana. Dados los mayores tiempos de residencia del aerosol fino frente al grueso, es comprensible que el ACP no desagregue esta fuente en el PM_{10} de Santa Ana pero sí lo haga en el $PM_{2.5}$ de esta estación. Por el contrario, la PMF para los dos tamaños de partículas de Santa Ana sí consigue aislar esta fuente.

Es importante destacar que la contribución en términos de masa de esta fuente es baja. Ello se puede observar tanto del ACP como de la PMF. Este último modelo es el

6. Discusión

exponente máximo de la mínima contribución en masa de la fábrica local de producción de Zn electrolítico, como se ha indicado, el software de la PMF no atribuye masa en la serie temporal al modelizar el muestreo en PM_{10} de Mompeán durante la campaña 2006-2007. Conviene insistir en el hecho de que en el tiempo que duran las dos campañas de muestreo de esta tesis 2004-2005 y 2006-2007 (ver Tabla 4.1), la fábrica local de producción de zinc electrolítico funciona de manera intermitente, pues está en proceso de cierre, lo que ocurre finalmente en 2008.

Al analizar la variación a escala diaria de esta fuente en los resultados del ACP se observa un máximo en el $PM_{2.5}$ de Santa Ana el día 12 de febrero de 2005 (Figura 5.47), cuando se registra el máximo anual de $0.15 \mu gPM_{2.5}/m^3$. A pesar de que no se cuenta con una muestra para el mismo día en la estación de Bastarreche, en esta última estación en el día anterior, 11 de febrero de 2005, se registra también un máximo relativo de $0.8 \mu gPM_{10}/m^3$ (Figura 5.40).

6.12. Consideraciones finales

En esta memoria se ha estudiado el aerosol atmosférico en superficie muestreado con captadores con punto de corte a 10 y $2.5 \mu m$ y realizado sobre las muestras diversos análisis que han llevado a la cuantificación de 48 variables. De estas variables, seis (peso de la fracción PM_{10} , peso de la fracción $PM_{2.5}$, Pb, Cd, As y Ni) están sometidas a criterio por la legislación de aplicación en España. De los datos a los que se ha tenido acceso, en la Región de Murcia el problema con respecto a estas variables se plantea con los niveles de PM_{10} , produciéndose superaciones de los valores normativos mientras la estación está instalada en Bastarreche, no así desde su traslado a Mompeán.

6. Discusión

Este es uno de los problemas que aparecen cuando se trabaja con series temporales de parámetros de contaminación. Es difícil conseguir series temporales extensas. Aunque el parámetro que se mida sea el mismo, es frecuente que se produzcan cambios en los equipos de muestreo. En otras ocasiones, es el parámetro normativo el que no se mantiene a lo largo del tiempo. O como en el caso que se comenta, se decide el traslado del punto de muestreo a una nueva ubicación. Estos hechos dificultan la utilización de los datos en muchos tipos de estudios, entre ellos en los epidemiológicos, ya que los cambios que se detectan en la serie temporal pueden ser debidos al cambio experimentado en el muestreo. Por ello, se recomienda que en la medida de lo posible no se cambien los puntos de muestreo en series temporales extensas. Por otro lado, cuando se cambia un equipo de medida o se sustituye un parámetro legal, sería conveniente no quebrar las series temporales, sino que convendría simultanear los dos métodos durante un tiempo, con el fin de comprobar las diferencias que son achacables a la metodología. Bastarache dispone de datos de contaminación desde la década de los años 80 del siglo pasado y fue escogido como punto especialmente sensible, ya que bajo las condiciones en las que la meteorología local domina el movimiento de las masas de aire, estas confluyen en este punto en su desplazamiento de o hacia el mar.

También se ha indicado que la Directiva 2008/50/CE establece en el Anexo III que para la protección de la salud humana se deben obtener datos sobre las áreas donde se registren las concentraciones más altas a las que la población pueda hallarse expuesta y los niveles que puedan darse en otras áreas más representativas de la exposición de la población general. Lo que plantea un importante problema a los gestores de las redes de calidad del aire. Hay que distinguir claramente entre cumplimiento de un valor

6. Discusión

normativo y efectos sobre la salud. En este sentido, está claro que las partículas presentan un importante impacto en la salud, como poco, su presencia en los alveolos pulmonares interfiere en el correcto intercambio de oxígeno, por eso se le ha dado el nombre de “polvo molesto” (Gehr y Heyder, 2000), independientemente de su origen natural o antropogénico. Sin embargo, poco o nada se puede hacer para controlar la presencia de partículas de origen natural, estando limitados los planes de actuación a las partículas de origen antropogénico.

En relación con el procedimiento de cuantificación de la contribución de polvo africano, se han utilizado como estaciones de fondo de referencia regional las de Níjar, Vízcar y Zarra, pero como se ha indicado, existen ocasiones en las que ninguna de ellas aporta información que permita realizar la citada cuantificación. Por ello, a la vista de los datos que recoge la estación de Caravaca, una propuesta sería utilizar los datos de aerosol de esta estación como fondo regional. Aunque en principio se usara tan sólo como complemento a las anteriores, podría definirse su idoneidad como estación de fondo para la Región de Murcia a lo largo del tiempo.

Otro aspecto en el que se debería profundizar es en los valores mínimos admisibles tras realizar la sustracción de la masa atribuida al polvo africano. En cuanto al caso particular en el que aparezca un resultado negativo tras aplicar el procedimiento habitual, el procedimiento oficial de aplicación para considerar los aportes naturales de las intrusiones de masas de aire africano recoge un protocolo para ese particular (Querol et al., 2010).

Por otro lado, desde el punto de vista de la aplicación de la legislación vigente, las conclusiones a las que se llega en relación con la fracción PM_{10} de la materia particulada

6. Discusión

en suspensión son diferentes si se analizan los datos de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire y los datos específicamente obtenidos para esta tesis doctoral. Sería aconsejable realizar un estudio comparativo entre los equipos automático y gravimétrico en la estación de Mompeán, controlando la calidad de los datos generados por ambas metodologías. A la luz de los resultados obtenidos, se podría realizar para cada equipo de la red automática un estudio tendente a conocer la relación existente entre el método automático y el de referencia, de acuerdo con lo recogido en la Directiva 2008/50/CE, en cuanto a la demostración de la equivalencia.

En cuanto a la composición química y modelos de contribución de fuentes, debe destacarse que la estación de Santa Ana se ve influida directamente por los aportes de obras en sus inmediaciones. De esta manera, la contribución de los aportes minerales está sesgada perjudicando la representatividad de esta estación.

La Tabla 6.1 presenta un resumen de los niveles medios, mínimos y máximos en las tres estaciones de muestreo durante las campañas para PM_{10} y $PM_{2.5}$.

6. Discusión

Tabla 6.1. Resumen de los niveles medios, mínimos y máximos en las tres estaciones de muestreo para las fracciones PM₁₀ y PM_{2.5}.

a) Bastarreche PM₁₀, campaña 2004-2005.

Bastarreche PM₁₀ (98 muestras)											
Componente	Media	Mínimo	Máximo	MediaMínimoMáximo			MediaMínimoMáximo				
	µg/m ³			ng/m ³			ng/m ³				
				Li	0.4	0.05	1.3	Cs	0.06	0.04	0.2
PM ₁₀	47	19	87	Be	0.06	0.04	0.1	Ba	16	3.9	78
OM+EC	11.3	3.6	26.3	P	28	1.9	61	La	0.3	0.02	1.6
SiO ₂	3.1	0.2	18.0	Sc	0.10	0.04	0.5	Ce	0.7	0.1	3.2
CO ₃ ²⁻	3.5	0.5	8.6	Ti	31	2.1	170	Pr	0.08	<0.01	0.4
Al ₂ O ₃	1.0	0.1	6.0	V	11	0.9	47	Nd	0.3	<0.01	1.7
Ca	1.8	0.3	4.7	Cr	2.9	<0.01	44	Sm	0.08	<0.01	0.3
Fe	0.6	0.1	2.1	Mn	12	2.5	58	Eu	0.04	0.04	0.1
K	0.3	0.1	1.2	Co	0.3	0.03	1.3	Gd	0.06	<0.01	0.3
Na	0.8	0.1	2.8	Ni	6.7	0.4	28	Tb	<0.01	<0.01	<0.1
Mg	0.3	<0.1	0.9	Cu	18	4.7	80	Dy	0.03	<0.01	0.1
SO ₄ ²⁻ marino	0.2	<0.1	0.7	Zn	504	64	3868	Ho	0.04	0.04	0.1
SO ₄ ²⁻ no marino	5.1	1.4	12.1	Ga	0.2	0.05	0.9	Er	0.03	<0.01	0.1
NO ₃ ⁻	2.7	0.1	8.4	Ge	0.04	<0.01	0.8	Tm	<0.01	<0.01	<0.1
Cl ⁻	0.5	<0.1	3.3	As	1.0	0.2	2.7	Yb	0.05	<0.01	0.2
NH ₄ ⁺	1.3	<0.1	4.7	Se	0.6	0.04	2.8	Lu	<0.01	<0.01	<0.1
				Rb	0.9	0.2	4.2	Hf	0.3	<0.01	1.0
Mineral	10.7	1.4	39.4	Sr	7.8	1.2	18	Ta	0.09	<0.01	1.5
SIC	9.1	1.6	23.4	Y	0.1	<0.01	0.6	W	0.07	<0.01	0.7
OM+EC	11.3	3.6	26.3	Zr	1.7	0.02	8.6	Tl	0.1	<0.01	2.8
Marine	1.5	0.2	6.6	Nb	0.1	<0.01	1.8	Pb	20	5.9	111
Traces	0.7	0.2	4.2	Mo	1.7	0.04	11	Bi	0.2	0.01	1.9
Indeterminado	13.8	0.1	29.8	Cd	0.7	0.06	10	Th	0.1	<0.01	0.5
Total	33	13	69	Sn	2.0	0.3	4.9	U	0.2	<0.01	0.7
% Determinado	71	49	100	Sb	3.4	0.9	8.0				

6. Discusión

b) Santa Ana PM₁₀, campaña 2004-2005.

Santa Ana PM ₁₀ (92 muestras)											
Componente	Media	Mínimo	Máximo	MediaMínimoMáximo			MediaMínimoMáximo				
	µg/m ³			ng/m ³			ng/m ³				
				Li	0.7	0.04	5.6	Cs	0.16	0.01	0.5
PM ₁₀	45	14	122	Be	0.02	<0.01	0.2	Ba	14.3	0.69	212.8
OM+EC	4.7	0.5	12.5	P	36.2	0.54	116.3	La	0.5	0.03	2.8
SiO ₂	5.4	0.4	36.1	Sc	0.4	0.02	5.1	Ce	0.9	0.01	6.9
CO ₃ ²⁻	5.3	0.6	16.6	Ti	51.1	3.37	349.2	Pr	0.12	<0.01	0.7
Al ₂ O ₃	1.8	0.1	12.0	V	8.8	0.23	33.3	Nd	0.43	<0.01	2.8
Ca	2.9	0.2	9.1	Cr	2.3	0.10	9.3	Sm	0.06	<0.01	0.4
Fe	0.6	0.1	3.7	Mn	11.8	1.49	62.9	Eu	0.01	<0.01	0.1
K	0.5	0.1	2.2	Co	0.3	0.01	1.8	Gd	0.08	<0.01	0.05
Na	1.1	0.01	5.3	Ni	4.6	0.32	20.0	Tb	<0.01	<0.01	0.09
Mg	0.4	0.1	1.6	Cu	7.5	0.17	93.0	Dy	0.05	<0.01	0.4
SO ₄ ²⁻ marino	0.3	<0.01	1.3	Zn	22.7	2.98	72.7	Ho	<0.01	<0.01	0.1
SO ₄ ²⁻ no marino	4.6	1.0	13.9	Ga	0.3	0.03	1.9	Er	0.03	<0.01	0.2
NO ₃ ⁻	3.6	0.4	11.2	Ge	0.3	<0.01	1.1	Tm	<0.01	<0.01	0.1
Cl ⁻	0.9	0.3	5.1	As	0.6	0.06	1.7	Yb	0.03	<0.01	0.2
NH ₄ ⁺	1.7	0.2	7.3	Se	0.6	<0.01	2.5	Lu	<0.01	<0.01	0.1
				Rb	1.4	0.34	7.9	Hf	0.54	<0.01	1.7
Mineral	16.7	2.2	78.2	Sr	9.7	1.30	32.4	Ta	0.08	<0.01	0.9
SIC	9.9	2.1	29.7	Y	0.3	<0.01	2.0	W	0.05	<0.01	0.2
OM+EC	4.7	0.5	12.5	Zr	5.1	0.40	14.1	Tl	0.1	<0.01	5.0
Marine	2.3	0.4	11.7	Nb	0.2	<0.01	1.5	Pb	9.06	0.55	45.0
Trazas	0.2	0.05	0.8	Mo	2.2	0.04	17.0	Bi	0.11	<0.01	1.1
Indeterminado	11.6	<0.1	39.4	Cd	0.2	<0.01	1.3	Th	0.10	<0.01	0.9
Total	33.8	8.6	103.3	Sn	1.5	0.01	6.1	U	0.11	0.01	0.4
% Determinado	74	47	100	Sb	1.1	0.14	3.9				

6. Discusión

c) Mompeán PM₁₀, campaña 2006-2007.

Mompeán PM₁₀ (86 muestras)											
Componente	Media	Mínimo	Máximo		Media	Mínimo	Máximo		Media	Mínimo	Máximo
	µg/m ³				ng/m ³				ng/m ³		
PM ₁₀	35	16	72	Li	0.4	0.11	1.6	Ba	14.6	0.3	40.5
OM+EC	6.2	3.3	11.2	P	25.7	1.7	56.4	La	0.2	0.01	1.2
SiO ₂	3.0	0.7	14.5	Sc	0.06	<0.01	0.34	Ce	0.5	<0.01	2.8
CO ₃ ²⁻	2.9	1.1	9.2	Ti	28.8	9.1	151.2	Pr	0.05	<0.01	0.28
Al ₂ O ₃	1.0	0.2	4.8	V	12.1	1.2	48.6	Nd	0.2	<0.01	1.2
Ca	1.4	0.4	4.6	Cr	1.8	0.5	4.6	Hf	0.4	0.01	0.7
Fe	0.5	0.2	1.8	Mn	10.6	4.0	34.4	W	0.1	<0.01	0.3
K	0.3	0.1	0.9	Co	0.2	<0.01	0.6	Tl	0.06	0.03	0.15
Na	1.3	0.2	4.2	Ni	4.9	0.2	18.2	Pb	19.5	4.9	73.8
Mg	0.3	0.1	0.9	Cu	16.2	2.8	89.7	Bi	0.3	0.08	2.1
SO ₄ ²⁻ marino	0.3	0.1	1.1	Zn	749	35	4359	Th	0.1	0.01	0.4
SO ₄ ²⁻ no marino	4.9	0.8	12.1	Ga	0.2	0.04	0.8	U	0.1	0.07	0.3
NO ₃ ⁻	3.0	0.9	7.2	As	1.3	0.27	5.2				
Cl ⁻	0.7	0.1	2.1	Se	0.6	0.07	1.3				
NH ₄ ⁺	1.5	0.3	3.7	Rb	0.8	0.3	2.7				
				Sr	5.4	2.2	15.4				
Mineral	9.5	3.0	36.8	Y	0.2	0.07	0.8				
SIC	7.4	0.8	17.4	Zr	8.8	0.09	13.6				
OM+EC	6.2	3.3	11.2	Nb	0.3	<0.01	1.2				
Marino	2.1	0.3	6.4	Mo	<0.01	<0.01	0.03				
Trazas	0.9	0.1	4.7	Cd	0.6	0.08	5.3				
Indeterminado	12.7	2.1	55.2	Sn	2.6	0.9	5.5				
Total	23	6	44	Sb	3.4	0.9	36.1				
% Determinado	66	20	91	Cs	0.06	0.03	0.19				

6. Discusión

d) Santa Ana PM_{2.5}, campaña 2004-2005.

Santa Ana PM _{2.5} (98 muestras)											
Componente	Media	Mínimo	Máximo	MediaMínimoMáximo			MediaMínimoMáximo				
	µg/m ³			ng/m ³			ng/m ³				
				Li	0.3	0.01	4.5	Cs	0.01	<0.01	0.2
PM _{2.5}	22	7	47	Be	0.01	<0.01	0.08	Ba	3.4	0.01	56
OM+EC	4.0	0.5	11.2	P	9.8	0.5	33	La	0.1	0.01	0.7
SiO ₂	1.0	0.05	8.4	Sc	0.1	<0.01	1.0	Ce	0.2	<0.01	1.4
CO ₃ ²⁻	0.9	0.02	3.1	Ti	11	1.0	81	Pr	0.03	<0.01	0.1
Al ₂ O ₃	0.3	0.02	2.8	V	6.0	0.05	29	Nd	0.09	<0.01	0.6
Ca	0.4	0.01	1.5	Cr	1.3	0.02	19	Sm	0.02	<0.01	0.1
Fe	0.1	0.01	0.8	Mn	2.7	0.08	14	Eu	<0.01	<0.01	0.02
K	0.2	0.03	0.7	Co	0.1	<0.01	0.4	Gd	0.03	<0.01	0.1
Na	0.1	0.01	1.0	Ni	3.4	0.2	16	Tb	<0.01	<0.01	0.01
Mg	0.1	<0.01	0.5	Cu	3.3	0.3	32	Dy	0.02	<0.01	0.2
SO ₄ ²⁻ marino	0.04	<0.01	0.3	Zn	13	0.09	186	Ho	<0.01	<0.01	0.01
SO ₄ ²⁻ no marino	3.5	0.6	10.2	Ga	0.1	<0.01	0.4	Er	0.01	<0.01	0.1
NO ₃ ⁻	1.7	0.3	7.2	Ge	0.1	0.01	0.5	Tm	<0.01	<0.01	0.01
Cl ⁻	0.4	0.1	0.8	As	0.3	0.02	0.9	Yb	0.01	<0.01	0.09
NH ₄ ⁺	1.9	0.1	11.6	Se	0.3	<0.01	1.6	Lu	<0.01	<0.01	<0.01
				Rb	0.4	0.1	1.8	Hf	0.6	<0.01	1.7
Mineral	3.1	0.1	17.6	Sr	1.6	0.06	8.5	Ta	0.01	<0.01	0.07
SIC	7.0	1.3	22.9	Y	0.1	0.01	0.4	W	0.02	<0.01	0.08
OM+EC	4.0	0.5	11.2	Zr	7.3	0.05	19	Tl	0.08	<0.01	4.1
Marine	0.6	0.1	1.8	Nb	0.1	<0.01	0.4	Pb	5.7	0.2	33
Traces	0.1	0.02	0.2	Mo	0.9	<0.01	14	Bi	0.05	<0.01	0.2
Indeterminado	7.7	<0.1	22	Cd	0.2	<0.01	1.0	Th	0.04	<0.01	0.2
Total	15	4	33	Sn	1.4	0.02	6.2	U	0.03	<0.01	0.3
% Determinado	66	40	112	Sb	0.6	0.05	2.6				

6. Discusión

e) Mompeán PM_{2.5}, campaña 2006-2007.

Mompeán PM _{2.5} (95 muestras)											
	Media	Mínimo	Máximo		Media	Mínimo	Máximo		Media	Mínimo	Máximo
Componente		µg/m ³			ng/m ³				ng/m ³		
PM _{2.5}	22	5	51	Li	0.2	0.08	1.2	Ba	9.3	0.5	27.1
OM+EC	5.8	2.9	12.2	P	14.9	0.6	65.8	La	0.1	<0.01	0.5
SiO ₂	1.5	0.2	9.3	Sc	0.04	0.01	0.23	Ce	0.2	<0.01	1.2
CO ₃ ²⁻	1.4	0.3	12.7	Ti	13.3	2.9	95.0	Pr	0.02	<0.01	0.1
Al ₂ O ₃	0.5	0.1	3.1	V	11.0	0.8	50.6	Nd	0.1	0.01	0.5
Ca	0.7	0.1	7.0	Cr	1.4	0.2	14.0	Hf	0.4	<0.01	0.7
Fe	0.2	0.1	1.1	Mn	5.5	0.9	28.3	W	0.05	<0.01	0.3
K	0.2	0.1	0.8	Co	0.1	0.01	0.4	Tl	0.06	0.03	0.2
Na	0.5	0.1	1.4	Ni	4.4	0.2	18.4	Pb	13.6	2.7	79.9
Mg	0.1	<0.01	0.9	Cu	8.5	0.3	83.7	Bi	0.2	0.03	1.2
SO ₄ ²⁻ marino	0.1	<0.01	0.3	Zn	93.6	1.7	1019.8	Th	0.03	<0.01	0.3
SO ₄ ²⁻ no marino	4.3	0.9	10.7	Ga	0.09	0.02	0.4	U	0.1	0.02	0.2
NO ₃ ⁻	1.5	0.3	7.6	As	1.1	0.2	5.0				
Cl ⁻	0.2	0.04	1.0	Se	0.5	0.08	1.3				
NH ₄ ⁺	1.9	0.4	4.4	Rb	0.5	0.1	2.3				
				Sr	2.6	0.9	21.8				
Mineral	4.7	1.0	34.9	Y	0.2	0.02	0.7				
SIC	6.0	0.9	18.1	Zr	7.5	0.2	13.3				
OM+EC	5.8	2.9	12.2	Nb	0.1	0.01	0.6				
Marino	0.7	0.2	2.4	Mo	<0.01	<0.01	0.03				
Trazas	0.2	<0.01	1.3	Cd	0.4	0.06	3.0				
Indeterminado	8.1	0.9	28.0	Sn	1.6	0.3	5.1				
Total	15	4	39	Sb	2.2	0.3	41.4				
% Determinado	65	20	96	Cs	0.04	0.03	0.2				

7. CONCLUSIONES

7. Conclusiones

En la presente memoria se ha interpretado la variabilidad de los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente en tres puntos de la ciudad de Cartagena entre los años 2004 a 2008. Se ha interpretado la variabilidad espacial y temporal de las variables estudiadas, se han identificado los orígenes de las masas de aire, se han determinado las intrusiones de masas de aire procedentes de África, analizado los escenarios y cuantificado el aporte de las intrusiones a los niveles de materia particulada en suspensión. Otro ejercicio realizado ha sido identificar las fuentes principales, naturales y antropogénicas, y cuantificar la contribución de cada una de ellas a los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en aire ambiente.

Las conclusiones más sobresalientes de este estudio son:

1. Se ha identificado para las especies estudiadas una variabilidad espacial y temporal. En general, los mayores valores para las especies crustales en la fracción PM_{10} se registran en Santa Ana seguida de Bastarreche y Mompeán. Estos niveles de crustales más altos en Santa Ana son debidos a un sesgo en el muestreo causado por las emisiones de trabajos de construcción realizados en las inmediaciones de la estación de muestreo. Para las especies indicadoras de actividades industriales, los mayores niveles en esta fracción son más elevados en Bastarreche, seguido de Mompeán y Santa Ana. Para la fracción $PM_{2.5}$ (sin datos en Bastarreche) los mayores niveles de las especies estudiadas se encuentran en Mompeán. Una excepción destacable la constituye la masa total de $PM_{2.5}$, para la que no se han encontrado diferencias con significación estadística entre Santa Ana y Mompeán.

7. Conclusiones

2. Los episodios ligados a una menor carga del contaminante PM_{10} en la Región de Murcia corresponden a los denominados Atlántico Norte, Atlántico Noroeste y Atlántico Oeste. El Atlántico Suroeste es un origen habitual de aportes de polvo africano. Cuando bajo los tres primeros tipos de episodios se producen incrementos en los valores de los contaminantes estudiados en la Red de Vigilancia, se atribuye este incremento a actividades antropogénicas propias de la zona. La contribución de origen natural de carácter local queda recogida dentro de los episodios Regionales, en los que también se aprecia la contribución antropogénica.

3. En relación con las situaciones sinópticas, se ha definido un quinto escenario asociado al típico pantano barométrico mediterráneo para el que se detecta advección africana que alcanza la Región de Murcia. Este escenario supone el 21% de los días con intrusión que se estudian en esta memoria.

4. Se han analizado los datos para los factores intrusión y dominio de vientos. En ambos casos las variables ligadas a aportes crustales crecen tanto para las intrusiones como para el dominio del viento denominado “sur”. Sin embargo, la fracción carbonosa decrece para los dos factores. Esto pone de manifiesto el aporte de las especies crustales desde fuentes alóctonas y la importancia de fuentes autóctonas, tal como el tráfico rodado, para la fracción carbonosa.

5. Se ha cuantificado la contribución del polvo africano a los niveles de la fracción PM_{10} aplicando la metodología basada en los niveles de fondo regional; con ello, se han realizado los oportunos descuentos. En el periodo de tiempo estudiado se han identificado 562 días con intrusión. Para los tres puntos de muestreo, durante el seguimiento, la contribución de polvo africano a la media anual de PM_{10} (obtenida a

7. Conclusiones

partir de la diferencia entre la media anual y la media anual sin polvo africano) se estima entre 4 y 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para los días en los que habiendo intrusión en Cartagena no se describe este fenómeno en las estaciones de referencia de los sectores Sureste y Levante de la Red de detección de episodios africanos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, parece importante destacar la posibilidad de utilizar como estación de fondo regional la ubicada en Caravaca de la Cruz, al menos, de modo exploratorio.

6. Con los datos de materia particulada en suspensión obtenidos por métodos gravimétricos para esta memoria, se aprecia un descenso en la masa de la fracción PM_{10} con el traslado del punto de muestreo de Bastarreche a Mompeán. Además, para este último punto de muestreo no se observan violaciones en el cumplimiento normativo en lo referente tanto a PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, como a los metales sometidos a regulación. En relación con los valores de PM_{10} , el cumplimiento normativo se ve comprometido al revisar los niveles de los equipos automáticos de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Región de Murcia. Por ello, sería recomendable un estudio pormenorizado de las causas de esta incidencia.

7. El análisis de componentes principales con regresión lineal múltiple ha permitido extraer entre cinco y seis factores que se han asociado a las fuentes: Mineral, Tráfico, Secundario, Fábrica local de producción de zinc electrolítico, Marino y Astillero. Aunque la contribución en masa de esta última fuente es pequeña, la presencia de especies trazadoras como Cr y Ni en el perfil del factor, permiten identificar esta actividad industrial.

7. Conclusiones

8. Mediante la factorización matricial por positivación se han extraído ocho factores, que se han asociado con nueve fuentes diferentes: Marino, Intrusión y otras contribuciones crustales, Tráfico, Fábrica local de producción de zinc electrolítico, Refinería, Central eléctrica e influencia local, Sulfato secundario, Nitrato secundario y Construcción. La fortaleza de esta metodología ha permitido detectar singularidades tales como:

- La cuantificación de la contribución a los niveles de PM_{10} y $PM_{2.5}$ de cada una de las fuentes.

- La asociación entre componentes crustales y componentes inorgánicos típicos de materiales de construcción, incluido el Mg, que permiten identificar las obras próximas al punto de muestreo de Santa Ana.

- Las especies crustales típicas del Sahara-Sahel se agrupan con claridad en un factor que ha sido fácilmente atribuible a la intrusión de masas de aire con polvo africano.

- La emisión de As predicha por el modelo para cada una de las fuentes identificadas es congruente con la realidad física en la zona.

- Los elementos Zn, Cd, Pb, Cu o Mn son marcadores inequívocos de la actividad desarrollada en la producción local de zinc electrolítico. El modelo no atribuye masa a este factor en la segunda de las campañas realizadas, lo que es consistente con la situación de intermitencia en las actividades productivas de la empresa, que ha terminado en su cierre definitivo.

9. Los dos métodos de análisis factorial utilizados son complementarios. Así, se han extraído factores descritos por sendos métodos, pero también ha habido casos en los que

7. Conclusiones

cada técnica no aislaba factores diferenciados por la otra. Con ello, se obtiene una visión coherente de los aportes al material particulado tanto de origen natural como antropogénico.

10. A medio plazo, los planes de gestión ambiental para el casco urbano de Cartagena, deberán centrar su atención en el tráfico, ya que es previsible que llegue a ser la fuente antropogénica de mayor relevancia.

8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8. Futuras líneas de investigación

Con el trabajo realizado, se ha creado valiosa información sobre el aerosol en suspensión en Cartagena. Se han abarcado ámbitos desde la especiación química, con medio centenar de variables cuantificadas, hasta el análisis minucioso de los episodios de polvo africano. Con todo ello, se han abierto nuevos horizontes que deberían ser investigados en futuras actuaciones, a saber:

a) Estudio de las diferencias de PM_{10} y $PM_{2.5}$ así como de sus componentes químicos en tres estaciones de forma simultánea que reflejen el ambiente de tráfico, el fondo urbano y el fondo regional. Aplicar la PMF a cada conjunto de datos obtenido.

b) El estudio pormenorizado del aerosol marino en la ciudad. Puesto que el modelo ACP-RLM ha presentando ciertas contrariedades para el factor marino, conviene desarrollar algún plan para perfilar el alcance de esta fracción de aerosol en la ciudad. Por otro lado, el análisis en profundidad ayudaría a resolver cuestiones que surgen en cuanto a la emisión de sodio por industrias químicas que utilizan las sales de este catión como reactivo. Es de singular interés este punto al recogerse la fracción marina como una fuente natural y que, por tanto, sus contribuciones pueden evaluarse como tales en vista a las disposiciones normativas.

c) Aplicar la técnica del Balance Químico de Materia (CMB), mediante el análisis previo de los perfiles de las fuentes de emisión propias de Cartagena.

d) El estudio de especiación química, tanto de la fracción inorgánica como carbonosa, en puntos del municipio donde la calidad del aire es comprometedora.

8. Futuras líneas de investigación

e) Fusión de las bases de datos de aerosol abiótico y biótico y exploración simultánea por retrotrayectorias de las masas de aire y escenarios meteorológicos que provocan la llegada del polvo africano a la ciudad.

f) Establecer las razones de las diferencia encontradas en las cuantificaciones de materia particulada entre los equipos de medida en tiempo real y los gravimétricos.

9. BIBLIOGRAFÍA

9. Bibliografía

- Adams, PJ; Seinfeld, JH; Koch, DM. 1999. Global concentrations of tropospheric sulfate, nitrate, and ammonium aerosol simulated in a general circulation model. *Journal of Geophysical Research* 104 (D11), 13791-13823.
- Adedokun, JA; Emofurieta, WO; Adedeji, OA. 1989. Physical, chemical and mineralogical properties of Harmattan dust at Ile-Ife, Nigeria. *Theoretical and Applied Climatology* 40, 161-169.
- Akkoyunlu, BO; Tayanç, M. 2003. Analyses of wet and bulk deposition in four different regions of Istanbul, Turkey. *Atmospheric Environment* 37, 3571-3579.
- Alastuey, A; Mantilla, E; Querol, X; Rodríguez, S. 2000. Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado en España: necesidades derivadas de la propuesta de la directiva del consejo relativa a partículas PM₁₀ y PM_{2.5} e implicaciones en la industria cerámica. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* 39, 141-148.
- Alastuey, A; Querol, X; Castillo, S; Escudero, M; Avila, A; Cuevas, E; Torres, C; Romero, PM; Exposito, F; García, O; Diaz, JP; Van Dingenen, R; Putaud, JP. 2005. Characterisation of TSP and PM_{2.5} at Izaña and Sta. Cruz de Tenerife (Canary Islands, Spain) during a Saharan dust episode (July 2002). *Atmospheric Environment* 39, 4715-4728.
- Alastuey, A; Querol, X; Rodríguez, S; Plana, F; Lopez-Soler, A; Ruiz, C; Mantilla, E. 2004. Monitoring of atmospheric particulate matter around sources of secondary inorganic aerosol. *Atmospheric Environment* 38, 4979-4992.
- Alastuey, A; Sánchez-de-la-Campa, A; Querol, X; Rosa, JDL; Plana, F; Mantilla, E; Viana, M; Santos, SGD. 2006. Identification and chemical characterisation of industrial PM sources in SW Spain. *Journal of the Air and Waste Management Association* 56, 993-1006.
- Alfaro, SC; Gaudichet, A; Gomes, L; Maillé, M. 1998. Mineral aerosol production by

9. Bibliografía

- wind erosion: Aerosol particle sizes and binding energies. *Geophysical Research Letters* 25, 991-994.
- Allen, G; Sioutas, C; Koutrakis, P; Reiss, R; Lurmann, FW; Roberts, PT; Burton, RM. 1997. Evaluation of the TEOM method for measurement of ambient particulate mass in urban areas. *Journal of the Air and Waste Management Association* 47, 682-689.
- Andreae, MO. 1986. The ocean as a source of atmospheric sulphur compounds. En: *The role of air-sea exchange in geochemical cycling*. NATO Advanced Study Institute on Air-Sea Exchange of Gases and Particles. NATO ASI Series, Series C: Mathematical and Physical Sciences 185. Editor: Buat-Ménard, P. Kluwer Academic Publishers Group. Dordrecht, 331-362.
- Andreae, MO; Andreae, TW; Meyerdierks, D; Thiel, C. 2003. Marine sulfur cycling and the atmospheric aerosol over the springtime North Atlantic. *Chemosphere* 52, 1321-1343.
- Andreae, MO; Crutzen, PJ. 1997. Atmospheric aerosols: biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry. *Science* 276, 1052-1058.
- Andrés Sarasa, JL. 1982. Cartagena. Crecimiento Demográfico y Desarrollo Industrial. Imprenta Provincial. Murcia, 343 pp.
- Ansari, AS; Pandis, SN. 2000. Water absorption by secondary organic aerosol and its effect on inorganic aerosol behaviour. *Environmental Science and Technology* 34, 71-77.
- Ansmann, A; Bösenberg, A; Chaikovsky, A; Comerón, S; Eckhardt, S; Eixmann, R; Freudenthaler, V; Ginoux, P; Komguem, L; Linné, H; López Márquez, MA; Matthias, V; Mattis, I; Mitev, V; Müller, D; Music, S; Nickovic, S; Pelon, J; Sauvage, L; Sobolewsky, P; Srivastava, MK; Stohl, A; Torres, O; Vaughan, G; Wandinger, U; Wiegner, M. 2003. Long-range transport of Saharan dust to northern Europe: The 11-16 October 2001 outbreak observed with EARLINET. *Journal of Geophysical Research* 108 (D24), 4783.

9. Bibliografía

- Arimoto, R. 2001. Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition. *Earth-Science Reviews* 54, 29-42.
- Artaxo, P; Gerab, F; Yamasoe, MA; Martins, JV. 1994. Fine mode aerosol composition at three long-term atmospheric monitoring sites in the Amazon basin. *Journal of Geophysical Research* 99, 22857-22868.
- Artiñano, B; Querol, X; Salvador, P; Rodríguez, S; Alonso, DG; Alastuey, A. 2001. Assessment of airborne particulate levels in Spain in relation to the new EU-directive. *Atmospheric Environment* 35, Supplement 1, 43-53.
- Artiñano, B; Salvador, P; Alonso, D. G; Querol, X; Alastuey, A. Influence of traffic on the PM₁₀ and PM_{2.5} urban aerosol fractions in Madrid (Spain). 2004. *Science of the Total Environment* 334-335, 111-123.
- Ávila, A; Queralt-Mitjans, I; Alarcón, M. 1997. Mineralogical composition of African dust delivered by red rains over North-Eastern Spain. *Journal of Geophysical Research* 102 (D18), 21977-21996.
- Ayers, GP; Keywood, MD; Grass, JL. 1999. TEOM vs. manual gravimetric methods for determination of PM_{2.5} aerosol mass concentrations. *Atmospheric Environment* 33, 3717-3721.
- Baron, PA; Willeke, K. 2001a. Bridging science and application in aerosol measurement: Accessing available tools. En: *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*. Second edition. Editores: Baron, PA; Willeke, K. Wiley-Interscience. New York, 31-44.
- Baron, PA; Willeke, K. 2001b. Aerosol fundamentals. En: *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*. Second edition. Editores: Baron, PA; Willeke, K. Wiley-Interscience. New York, 45-60.
- Baron, PA; Willeke, K. 2001c. Gas and particle motion. En: *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*. Second edition. Editores: Baron, PA; Willeke, K. Wiley-Interscience. New York, 61-82.

9. Bibliografía

- Bates, TS; Quinn, PK; Coffman, DJ; Jonson, JE, Middlebrook, AM. 2005. Dominance of organic aerosols in the marine boundary layer over the Gulf of Maine during NEAQS 2002 and their role in aerosol light Scattering. *Journal of Geophysical Research* 110, D18202.
- Battye, W; Aneja, VP; Roelle, PA. 2003. Evaluation and improvement of ammonia emissions inventories. *Atmospheric Environment* 37, 3873-3883.
- Becker, S; Soukup, JM; Sioutas, C; Cassee, FR. 2003. Response of human alveolar macrophages to ultrafine, fine, and coarse urban air pollution particles. *Experimental Lung Research* 29, 29–44.
- Bergametti, G; Gomes, L; Remoudaki, E; Desbois, M; Martin, D; Buat-Ménard, P. 1989. Present transport and deposition patterns of African dusts to the North-Western Mediterranean. En: *Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport*. Editores: Leinen, M; Sarnthein, M. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 227-252.
- Birch, ME; Cary, RA. 1996. Elemental carbon-based method for monitoring occupational exposures to particulate diesel exhaust. *Aerosol Science and Technology* 25, 221–241.
- Bisquerra Alzina, R. 1989. Introducción conceptual al análisis multivariable. Un enfoque informático con los paquetes SPSS-X, BMDP, LISREL y SPAD. Volumen I y II. Promociones y Publicaciones Universitarias. Barcelona, 397 y 409 pp.
- Blanchard, DC; Syzdek, LD. 1982. Water-to-air transfer and enrichment of bacteria in drops from bursting bubbles. *Applied and Environmental Microbiology* 43, 1001-1005.
- Blas, L. 1963. *Agenda del Químico*. Aguilar S.A. Ediciones. Madrid, 1208 pp.
- Boy, M; Kulmala, M. 2002. Nucleation events in the continental boundary layer: Influence of physical and meteorological parameters. *Atmospheric Chemistry*

9. Bibliografía

and Physics 2, 1-16.

- Brook, RD; Brook, JR; Urch, B; Vincent, R; Rajagopalan, S; Silverman, F. 2002. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults. *Circulation* 105, 1534-1536.
- Brunekreef, B; Forsberg, B. 2005. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *European Respiratory Journal* 26, 309-318.
- Bueno, JL; Sastre, H; Lavín, AG. 1997. Contaminación e Ingeniería Ambiental, Módulo II, Contaminación Atmosférica. Fundación para el Fomento en Asturias de la Investigación Científica Aplicada y la Tecnología FICYT. Oviedo, 546 pp.
- Butlin, RN; Yates, TJS; Murray, M; Ashall, G. 1995. The United Kingdom National Materials Exposure Programme. *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 2655-2660.
- Campbell, ID; McDonald, K; Flannigan, MD; Kringayark, J. 1999. Long-distance transport of pollen into the Arctic. *Nature* 399, 29-30.
- Canadian Chemical Producers' Association. 2001. Ambient particulate matter characterization guidelines. Ottawa, 88 pp.
- Cañabate Navarro, E. 1955. Historia de Cartagena desde su Fundación hasta la Monarquía de Alfonso XIII. Imprenta Marín. Cartagena, 446 pp.
- Capel Molina, JJ. 1986. El clima del territorio de Cartagena. En: Historia de Cartagena. Editor: Mas García, J. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia, 171-192.
- Caquineau, S; Gaudichet, A; Gomes, L; Magonthier, MC; Chatenet, B. 1998. Saharan dust: Clay ratio as a relevant tracer to assess the origin of soil-derived aerosols. *Geophysical Research Letters* 25, 983-986.
- Caramia, G; Agresta, C. 2009. Nanoparticelle e nanopatologie. Evoluzione delle conoscenze. En: Pediatria Preventiva e Sociale. La prevenzione: da atto medico a risorsa per la collettività. Atti XXI Congresso Nazionale SIPPS. Siena, 68-83.
- Carlson, TN; Benjamin, SG. 1980. Radiative heating rates for Saharan dust. *Journal of*

9. Bibliografía

- Atmospheric Science 37, 193-213.
- Carracido, JR. 1892. Los metalúrgicos españoles en América. Ateneo de Madrid. Madrid, 40 pp.
- Cascales Pujalte, JA. 1993. Estudio de la materia particulada sedimentable en Cartagena. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Cartagena, 350 pp.
- Centro Regional de Estadística de Murcia. 2007. Región de Murcia en cifras 2008. Consejería de Economía, Empresa e Innovación. Murcia, 107 pp.
- Chernenkova, TV; Kuperman, RG. 1999. Changes in the spruce forest communities along a heavy metal deposition gradient on Koala Peninsula. Water, Air, and Soil Pollution 111, 187-200.
- Cirera Suárez, L. 2005. Evaluación del plan operativo de intervención industrial sobre las emisiones atmosféricas de las fábricas urbanas y sus efectos en la morbilidad de Cartagena. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Murcia, 307 pp.
- Corvo, F; Reyes, J; Valdes, C; Villaseñor, F; Cuesta, O; Aguilar, D; Quintana, P. 2010. Influence of air pollution and humidity on limestone materials degradation in historical buildings located in cities under tropical coastal climates. Water, Air and Soil Pollution 205, 359-375.
- Cowherd, CJ. 2001. Fugitive dust emissions. En: Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications. Second edition. Editores: Baron, PA; Willeke, K. Wiley-Interscience. New York, 845-857.
- Cox, LH. 2000. Statistical issues in the study of air pollution involving airborne particulate matter. Environmetrics 11, 611-626.
- De Kok, TCM; Driessens, FCM; Hogervorst, JGF; Briedé, JJ. 2006. Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: A review of recent studies. Mutation Research 613, 103–122.

9. Bibliografía

- Del Valle Alonso, JL; Fernandez de Palencia y Roc, A; Rovira Pereira, A; Moreno Clavel, J; Guzman Jiménez, R. 1970. Treatment of the leaching residues at the electrolytic zinc plant of Espanola del Zinc, S.A. En: AIME World symposium on mining & metallurgy of lead & zinc, Volume II. Editores: Cotterill, CH; Cigan, JM. The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. New York, 348-388.
- Dick, CA; Singh, P; Daniels, M; Evansky, P; Becker, S; Gilmour, MI. 2003. Murine pulmonary inflammatory responses following instillation of size-fractionated ambient particulate matter. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 66, 2193–2207.
- Directiva 1980/779/CEE del Consejo de 15 de julio de 1980, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 30.8.80, L229, pp. 30-48.
- Directiva 1989/427/CEE del Consejo de 21 de junio de 1989, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 14.7.89, L201, pp. 53-55.
- Directiva 1999/30/CE del Consejo de 22 de abril de 1999, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 29.6.1999, L163, pp. 41-60.
- Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de noviembre de 2000, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 13.12.2000, L313, pp. 12-21.
- Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de febrero de 2002, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 9.3.2002, L67, pp. 14-30.
- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004, *Diario Oficial de la Unión Europea*, 26.1.2005, L23, pp. 3-16.
- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008, *Diario Oficial de la Unión Europea*, 11.6.2008, L152, pp. 1-44.
- Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre de 1996, *Diario Oficial de las*

9. Bibliografía

- Comunidades Europeas, 21.11.96, L296, pp. 55-63.
- Dockery, DW; Pope, CA; Xu, X; Spengler, JD; Ware, JH; Fay, M; Ferris, BG; Speizer, FE. 1993. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England Journal of Medicine* 329, 1753-1759.
- Draxler, RR; Hess, GD. 2005. Description of the HYSPLIT 4 Modelling System, NOAA Technical Memorandum, ERL ARL-224. <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html> (accedido el 2 de marzo de 2005).
- Duce, RA. 1995. Sources, distributions and fluxes of mineral aerosols and their relationship to climate. En: *Aerosol Forcing of Climate*. Editores: Charlson, RJ; Heizenberg, J. John Wiley and Sons. New York, 43-72.
- Dulac, F; Tanré, D; Bergametti, G; Buat-Ménard, P; Desbois, M; Sutton, D. 1992. Assessment of African airborne dust mass over the Western Mediterranean sea using meteosat data. *Journal of Geophysical Research* 97, 2489-2506.
- Easter, RC; Peters LK. 1994. Binary homogeneous nucleation: temperature and relative humidity fluctuations, nonlinearity, and aspects of new particle production in the atmosphere. *Journal of Applied Meteorology* 33, 775-784.
- Eatough, DJ; Eatough, DA; Lewis, L; Lewis, EA. 1996. Fine particulate chemical composition and light extinction at Canyonlands National Park using organic particulate material concentrations obtained with a multisystem, multichannel diffusion denuder sampler. *Journal of Geophysical Research* 101 (D14), 19515-19531.
- Ebert, M; Inerle-Hof, M; Weinbruch, S. 2002. Environmental scanning electron microscopy as a new technique to determine the hygroscopic behaviour of individual aerosol particles. *Atmospheric Environment* 36, 5909-5916.
- Eltayeb, MAH; Injuk, J; Maenhaut, W; Van Grieten, RE. 2001. Elemental composition of mineral aerosol generated from Sudan Sahara sand. *Journal of Atmospheric Chemistry* 40, 247-273.

9. Bibliografía

- Environment and Systems. 1989. Estudio de dispersión de contaminantes atmosféricos, emisiones industriales y medidas correctoras a aplicar en la ciudad de Cartagena. Bilbao, 45 pp.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume 1. Fifth Edition. Research Triangle Park, 1998 pp.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1996. Air Quality Criteria for Particulate Matter. Volume 1. Washington DC, 1076 pp.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2005. Proposed Rule-Revisions to Ambient Air Monitoring Regulations. Fact Sheet. Washington DC, 5 pp.
- Escudero, M; Castillo, S; Querol, X; Avila, A; Alarcón, M; Viana, MM; Alastuey, A; Cuevas, E; Rodríguez, S. 2005. Wet and dry African dust episodes over eastern Spain. *Journal of Geophysical Research* 110, D18S08.
- Escudero, M; Querol, X; Pey, J; Alastuey, A; Pérez, N; Ferreira, F; Alonso, S; Rodríguez, S; Cuevas, E. 2007. A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks. *Atmospheric Environment* 41, 5516-5524.
- Escuela de Hostelería de las Islas Baleares. 2010. Murcia-Comarcas. <http://www.ehib.es/Nixportal/murcia/Ciutats/comarcasdemurcia.htm> (accedido el 1 de febrero de 2010).
- European Commission. 2000. Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds. Position Paper, Final Version. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 318 pp.
- European Commission. 2004. Second Position Paper on Particulate Matter. Final draft. Clean Air For Europe (CAFE) Working Group on Particulate Matter. Luxembourg, 283 pp.
- Fernández Gutiérrez, JC. 1986. Síntesis geológica del sureste español. En: Historia de Cartagena. Editor: Mas García, J. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia, 47-

9. Bibliografía

112.

- Gaffney, JS; Marley, NA; Cunningham, MM; Martello, DV; Anderson, NJ. 2002. Using natural ^{210}Pb and its daughters (^{210}Bi and ^{210}Po) to estimate aerosol residence times. 2002. National Energy Technology Laboratory Conference: PM2.5 and electric power generation: recent findings and implications. Pittsburgh.
- Gangoiti, G; Millán, MM; Salvador, R; Mantilla, E. 2001. Long-range transport and re-circulation of pollutants in the western Mediterranean during the Project Regional Cycles of Air Pollution in the West-Central Mediterranean Area. *Atmospheric Environment* 35, 6267-6276.
- García, G; Peñas, JM; Manteca, JI. 2008. Zn mobility and geochemistry in surface sulfide mining soils from SE Spain. *Environmental Research* 106, 333-339.
- Gebhart, KA; Malm, WC; Day, D. 1994. Examination of the effects of sulfate acidity and relative humidity on light scattering at Shenandoah National Park. *Atmospheric Environment* 28, 841-849.
- Gehr, P; Heyder, J. 2000. Particle-Lung Interactions. Marcel Dekker, Inc. New York, 802 pp.
- Gillani, NV; Wilson, WE. 1983. Gas-to-particle conversion of sulfur in power plant plumes - II. Observations of liquid-phase conversions. *Atmospheric Environment* 17, 1739-1752.
- Glaccum, RA; Prospero, JM. 1980. Saharan aerosols over the tropical North Atlantic-Mineralogy. *Marine Geology* 37, 295-321.
- Gobbi, GP; Barnaba, F; Ammannato, L. 2007. Estimating the impact of Saharan dust on the year 2001 PM_{10} record of Rome, Italy. *Atmospheric Environment* 41, 261-275.
- Gómez Fayrén, J. 1980. La industria en la región murciana. En: *Geografía de la Región de Murcia*. Editor: González Ortiz, JL. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia,

9. Bibliografía

182-209.

- Gómez Linares, JL. 1989. La Contaminación en Cartagena. Instituto Municipal de Educación de Cartagena, Ayuntamiento de Cartagena. Cartagena, 196 pp.
- González Ortiz, JL. 1980. Geografía de la Región de Murcia. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia, 466 pp.
- Grandal López, A. 2005. Historia de Cartagena para Principiantes. Áglaya. Cartagena, 420 pp.
- Grantz, DA; Garner, JHB; Johnson, DW. 2003. Ecological effects of particulate matter. *Environmental International* 29, 213-239.
- Greenwell, LL; Jones, TP; Richards, RJ. 2002. The collection of PM₁₀ for toxicological investigation: Comparisons between different collecting devices. *Environmental Monitoring and Assessment* 79, 251-273.
- Guerzoni, S; Molinaroli, E; Rossini, P; Rampazzo, G; Quarantotto, G; De Falco, G; Cristini, S. 1999. Role of desert aerosol in metal fluxes in the Mediterranean area. *Chemosphere* 39, 229-246.
- Guillén Pérez, JJ; Cirera Suárez, L; García-Marcos Álvarez, L; Jiménez Torres, E; Barber Vallès, X; Martínez García, MJ; Moreno Grau, S. 1999. Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad: Resultados del proyecto EMECAM en Cartagena, 1992-96. *Revista Española de Salud Pública* 73, 215-224.
- Gutiérrez-Castillo, ME; Roubicek, DA; Cebrián-García, ME; De Vizcaya-Ruíz, A; Sordo-Cedeño, M; Ostrosky-Wegman, P. 2006. Effect of chemical composition on the induction of DNA damage by urban airborne particulate matter. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 47, 199-211.
- Harris, P. 1980. La composición de la Tierra. En: *Introducción a las Ciencias de la Tierra*. Editores: Gass, IG; Smith, PJ; Wilson, RCL. Editorial Reverté S.A. Barcelona, 45-62.

9. Bibliografía

- Harrison, RM; Kito, AMN. 1990. Field intercomparison of filter pack and denuder sampling methods for reactive gaseous and particulate pollutants. *Atmospheric Environment* 24, 2633-2640.
- Harrison, RM; Pio, C. 1983. Size differentiated composition of inorganic aerosol of both marine and polluted continental origin. *Atmospheric Environment* 17, 1733-1738.
- Harrison, RM; Tilling, R; Callén Romero, MS; Harrad, S; Jarvis, K. 2003. A study of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the roadside environment. *Atmospheric Environment* 37, 2391-2402.
- Harrison, RM; van Grieken, R. 1998. *Atmospheric particles. IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems, Volume 5.* John Wiley and Sons. Chichester, 610 pp.
- Harrison, SP; Kohfeld, KE; Roelandt, C; Claquin, T. 2001. The role of dust in climate changes today, at the last glacial maximum and in the future. *Earth-Science Reviews* 54, 43-80.
- Heintzenberg, J. 1985. What can we learn from aerosol measurements at baseline stations? *Journal of Atmospheric Chemistry* 3, 153-169.
- Herut, B; Nimmo, M; Medway, A; Chester, R; Krom, MD. 2001. Dry atmospheric inputs of trace metals at the Mediterranean coast of Israel (SE Mediterranean): sources and fluxes. *Atmospheric Environment* 35, 803-813.
- Hidy, HM. 1994. *Atmospheric sulfur and nitrogen oxides.* Academic Press. San Diego, 447 pp.
- Hopke, PK. 1992. Factor and correlation analysis of multivariate environmental data. En: *Methods of Environmental Data Analysis.* Editor: Hewit, CN. Elsevier Science. London, 139-180.
- Horvath, H. 1992. Effect on visibility, weather and climate. En: *Atmospheric Acidity. Sources, Consequences and Abatement.* Editores: Radojević, M; Harrison, RM.

9. Bibliografía

- Elsevier Science Publishers. Barking, 435-466.
- Hudson, JG; Da, X. 1996. Volatility and size of cloud condensation nuclei. *Journal of Geophysical Research* 101 (D2), 4435-4442.
- Imhof, D; Weingartner, E; Vogt, U; Dreiseidler, A; Rosenbohm, E; Scheer, V; Vogt, R; Nielsen, OJ; Kurtenbach, R; Corsmeier, U; Kohler, M; Baltensperger, U. 2005. Vertical distribution of aerosol particles and NO_x close to a motorway. *Atmospheric Environment* 39, 5710-5721.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 1991. Anuario Estadístico de España. Año 1990. Fondo Documental del Instituto Nacional de Estadística. Madrid, 889 pp.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2008. Avance del Padrón Municipal a 1 de enero de 2008. Notas de prensa. Madrid, 5 pp.
- IPCC, 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editores: Meira Filho, LG; Houghton, JT; Callander, BA; Harris, N; Kattenberg, A; Maskell, K. Cambridge University Press. Cambridge, 584 pp.
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editores: Houghton, JT; Ding, Y; Griggs, DJ; Noguer, M; van der Linden, PJ; Dai, X. Cambridge University Press. Cambridge, 881 pp.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Editores: Solomon, S; Qin, D; Manning, M; Chen, Z; Marquis, M; Averyt, K; Tignor, MMB; Miller, HL. Cambridge University Press. Cambridge, 996 pp.
- Jiang, M; Marr, LC; Dunlea, EJ; Herndon, SC; Jayne, JT; Kolb, CE; Knighton, WB; Rogers, TM; Zavala, M; Molina, LT; Molina, MJ. 2005. Vehicle fleet emissions

9. Bibliografía

- of black carbon, polycyclic aromatic hydrocarbons, and other pollutants measured by a mobile laboratory in Mexico City. *Atmospheric Chemistry and Physics* 5, 3377-3387.
- Jiménez Torres, E. 1991. Sistema de control atmosférico en Cartagena. Situación actual. Necesidades de futuro. En: *Contaminación Atmosférica y Salud en Cartagena*. Consejería de Sanidad de la Región de Murcia. Cartagena, 55-58.
- Jimenez, J; Wu, CF; Clairborn, C; Gould, T; Simpson, CD; Larson, T; Liu, LJS. 2006. Agricultural burning smoke in eastern Washington-part I: Atmospheric characterization. *Atmospheric Environment* 58, 639-650.
- John, W. 2001. Size distribution characteristics of aerosols. En: *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*. Second edition. Editores: Baron, PA; Willeke, K. Wiley-Interscience. New York, 99-116.
- Junge, CE. 1963. *Air Chemistry and Radioactivity*. Academic Press. New York, 382 pp.
- Kager, P. 1980. Mineralogical investigations on sulfides Fe, Mn, Zn, Mg, Ca, carbonates, greenalite and associated minerals in the Pb-Zn deposits in the sierra de Cartagena, province of Murcia, SE Spain. Tesis doctoral. University of Amsterdam. Amsterdam, 203 pp.
- Kallos, G; Kotroni, V; Lagouvardos, K. 1997. The regional weather forecasting system SKIRON: An overview. En: *Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel Computer Environments*. Editores: Kallos, G; Kotroni, V; Lagouvardos, K. University of Athens. Athens, 109-122.
- Keppler, H. 1999. Experimental evidence for the source of excess sulphur in explosive volcanic eruptions. *Science* 284, 1652-1654.
- Kerminen, VM; Pakkanen, TA; Mäkelä, T; Hillamo, RE; Sillanpää, M; Rönkkö, T; Virtanen, A; Keskinen, J; Pirjola, L; Hussein, T; Hämeri, K. 2007. Development of particle number size distribution near a major road in Helsinki

9. Bibliografía

- during an episodic inversion situation. *Atmospheric Environment* 41, 1759-1767.
- Kieber, RJ; Long, MS; Willey, JD. 2005. Factors influencing nitrogen speciation in coastal rainwater. *Journal of Atmospheric Chemistry* 52, 81-99.
- Kim, E; Hopke, PK. 2003. Source identification of Washington DC aerosol using temperature resolved carbon fractions in positive matrix factorization. *European Aerosol Conference (EAC 2003)*. Madrid, 911-913.
- Kim, KW; Kim, YJ; Oh, SJ. 2001. Visibility impairment during Yellow Sand periods in the urban atmosphere of Kwangju, Korea. *Atmospheric Environment* 35, 5157-5167.
- Krueger, BJ; Grassian, VH; Cowin, JP; Laskin, A. 2004. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy. *Atmospheric Environment* 38, 6253-6261.
- Künzli, N; Kaiser, R; Medina, S; Studnicka, M; Chanel, O; Filliger, P; Herry, M; Horak, FJ; Puybonnieux-Textier, V; Quenel, P; Schneider, J; Seethaler, R; Vergnaud, JC; Sommer, H. 2000. Public-health impact of outdoor and traffic related air pollution: a European assessment. *The Lancet* 356, 795-801.
- Künzli, N; Mudway, IS; Götschi, T; Shi, T; Kelly, FJ; Cook, S; Burney, P; Forsberg, B; Gauderman, JW; Hazenkamp, ME; Heinrich, J; Jarvis, D; Norbäck, D; Payo-Losa, F; Poli, A; Sunyer, J; Borm, PJA. 2006. Comparison of oxidative properties, light absorbance, and total and elemental mass concentration of ambient PM_{2.5} collected at 20 European sites. *Environmental Health Perspectives* 114, 684-690.
- Kulkarni, P; Chellam, S; Fraser, MP. 2006. Lanthanum and lanthanides in atmospheric fine particles and their apportionment to refinery and petrochemical operations in Houston, TX. *Atmospheric Environment* 40, 508-520.
- Kulmala, M; Vehkamäki, H; Petäjä, T; Dal Maso, M; Lauri, A; Kerminen, VM;

9. Bibliografía

- Birmili, W; McMurry, PH. 2004. Formation and growth rates of ultrafine atmospheric particles: a review of observations. *Journal of Aerosol Science* 35, 143–176.
- La Verdad. 1990. La ciudad soportó este domingo el brote contaminante más grave de los últimos años. 4/12/1990.
- Langner, J; Rodhe, HA. 1991. A global three-dimensional model of the tropospheric sulfur cycle. *Journal of Atmospheric Chemistry* 13, 225-263.
- Leck, C; Persson, C. 1996. Seasonal and short-term variability in dimethyl sulfide, sulfur dioxide and biogenic sulfur and sea salt aerosol particles in the arctic marine boundary layer during summer and autumn. *Tellus* 48B, 272-299.
- Ley 34/2007 de 15 noviembre, Boletín Oficial del Estado 275, 16/11/2007, pp. 46962-46987.
- Ley 38/1972 de 22 de diciembre, Boletín Oficial del Estado 309, 26/12/1972, pp. 23031-23024.
- Li, A; Jang, JK; Scheff, PA. 2003. Application of EPA CMB8.2 model for source apportionment of sediment PAHs in Lake Calumet, Chicago. *Environmental Science and Technology* 37, 2958-2965.
- Lodge, JP. 1989. *Methods of Air Sampling and Analysis*. Third Edition. Intersociety Committee AWMA, ACS, AIChE, APWA, ASME, AOAC, HPA, ISA. Lewis Publishers, Inc. Chelsea. 763 pp.
- López Bermúdez, F. 1968. El litoral del oeste de Cartagena. En: *Papeles de Geografía*, N° 1, 1968-1969. Editor: Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones. Murcia, 139-165.
- López Bermúdez, F. 1973. *La vega alta del Segura, clima, hidrología y geomorfología*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Murcia, 288 pp.
- Lough, GC; Christensen, CG; Schauer, JJ; Tortorelli, J; Mani, E; Lawson, DR; Clark,

9. Bibliografía

- NN; Gabele, PA. 2007. Development of molecular marker source profiles for emissions from on-road gasoline and diesel vehicle fleets. *Journal of the Air and Waste Management Association* 57, 1190-1199.
- Mamane, Y; Perrino, C; Yossef, O; Catrambone, M. 2008. Source characterization of fine and coarse particles at the East Mediterranean coast. *Atmospheric Environment* 42, 6114-6130.
- Manson, BJ. 1992. *Acid Rain: Its Causes and its Effects on Inland Waters*. Clarendon Oxford University Press. Oxford, 126 pp.
- María Cervantes, A. 2009. Aproximación a los riesgos derivados de la presencia de residuos mineros en saladares del entorno del Mar Menor: Dinámica de metales pesados y arsénico y su acumulación en plantas y moluscos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, 464 pp.
- Mårtensson, EM; Nilsson, ED; de Leeuw, G; Cohen, LH; Hansson, HC. 2003. Laboratory simulations and parameterization of the primary marine aerosol production. *Journal of Geophysical Research* 108 (D9), 4297.
- Marticorena, B; Bergametti, G; Aumont, B. 1997. Modeling the atmospheric dust cycle 2. Simulation of Saharan dust sources. *Journal of Geophysical Research* 102 (D4), 4387-4404.
- Martínez Arroyo, MC. 2006. Evolución del contenido en partículas totales en suspensión y en los metales, plomo, cinc, cadmio, cobre, hierro y manganeso, en el aerosol atmosférico de Cartagena, durante el periodo 1995-2000. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, 386 pp.
- Martínez García, MJ. 1996. Contenido de metales pesados (plomo, cadmio, cobre, cinc) y aluminio en los suelos de Cartagena: su relación con la contaminación. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Cartagena, 260 pp.
- Martínez García, MJ; Moreno-Grau, S; Martínez García, JJ; Moreno, J; Bayo, J; Guillén Pérez, JJ; Moreno-Clavel, J. 2001. Distribution of the metals lead,

9. Bibliografía

- cadmium, copper, and zinc in the top soil of Cartagena, Spain. *Water, Air, and Soil Pollution* 131, 329-347.
- Más García, J. 1979. *El Puerto de Cartagena: Cartagena 1875-1975*. Athenas. Cartagena, 479 pp.
- Massey, SW. 1999. The effect of ozone and NO_x on the deterioration of calcareous stone. *The Science of the Total Environment* 227, 109-121.
- Matter, U; Siegmann, HC; Burtscher, J. 1999. Dynamic field measurements of submicron particles from diesel engines. *Environmental Science and Technology* 33, 1946-1952.
- Maynard, AD; Jensen, PA. 2001. Aerosol measurement in the workplace. En: *Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications*. Editores: Baron, PA; Willeke, K. Wiley-Interscience. New York, 779-800.
- McClain, CR; Cleave, ML; Feldman, GC; Gregg, WW; Hooker, SB; Kuring, N. 1998. Science quality SeaWiFS data for global biospheres research. *Sea Technology* 39, 10-15.
- Mészáros, A; Vissy, K. 1974. Concentration, size distribution and chemical nature of atmospheric aerosol particles in remote oceanic areas. *Journal of Aerosol Science* 5, 101-109.
- Mészáros, E. 1993. *Global and Regional Changes in Atmospheric Composition*. Lewis Publishers. Boca Raton, 175 pp.
- Mészáros, E. 1999. *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry*. Akadémiai Kiado. Budapest, 308 pp.
- Mészáros, E; Molnár, A; Ogren, J. 1998. Scattering and absorption coefficients vs. chemical composition of fine atmospheric aerosol particles under regional conditions in Hungary. *Journal of Aerosol Science* 29, 1171-1178.
- Middleton, N; Yiallourous, P; Kleanthous, S; Kolokotroni, O; Schwartz, J; Dockery,

9. Bibliografía

- DW; Demokritou, P; Koutrakis, P. 2008. A 10-year time-series analysis of respiratory and cardiovascular morbidity in Nicosia, Cyprus: the effect of short-term changes in air pollution and dust storms. *Environmental Health* 7:39.
- Mildford, JB; Davidson, CI. 1987. The sizes of particulate sulphate and nitrate in the Atmosphere. A review. *Journal of Air Pollution Control Association* 37, 125-134.
- Millán, M; Salvador, R; Mantilla, E; Kallos, G. 1997. Photo-oxidant dynamics in the Mediterranean basin in Summer: results from European research projects. *Journal of Geophysical Research* 102, 8811-8823.
- Millán, MM; Mantilla, E; Salvador, R; Carratalá, A; Sanz, MJ; Alonso, L; Gangoiti, G; Navazo, M. 2000. Ozone cycles in the western Mediterranean basin: Interpretation of monitoring data in complex coastal terrain. *Journal of Applied Meteorology* 39, 487-508.
- Millán, MM; Sanz, MJ; Salvador, R; Mantilla, E. 2002. Atmospheric dynamics and ozone cycles related to nitrogen deposition in the western Mediterranean. *Environmental Pollution* 118, 167-186.
- Minguillón Bengochea, MC. 2007. Composición y fuentes del material particulado atmosférico en la zona cerámica de Castellón. Impacto de la introducción de las Mejores Técnicas Disponibles. Tesis doctoral. Universitat Jaume I. Castellón, 347 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2009. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. http://www.prtr-s.es/Informes/fichacomplejo.aspx?Id_Complejo=3239 (accedido el 30 de mayo de 2009).
- Mogo, S; Cachorro, VE; de Frutos, AM. 2005. Morphological, chemical and optical absorbing characterization of aerosols in the urban atmosphere of Valladolid. *Atmospheric Chemistry and Physics* 5, 2739-2748.

9. Bibliografía

- Molinaroli, E; Gerzoni, S; Giacarlo, R. 1993. Contribution of Saharan dust to the Central Mediterranean Basin. En: Processes Controlling the Composition of the Clastic Sediments. Editores: Johnsson, MJ; Basu, A. Geological Society of America, Special Paper 284. Boulder, 303-312.
- Molnár, A; Mészáros, E. 2001. On the relation between the size and chemical composition of aerosol particles and their optical properties. *Atmospheric Environment* 35, 5053-5058.
- Morawska, L; Thomas, S; Jamriska, M; Johnson, G. 1999. The modality of particle size distributions of environmental aerosols. *Atmospheric Environment* 33, 4401-4411.
- Moreno, J. 1990. Evaluación de la contaminación atmosférica en Cartagena. En: Ponencia Industria Privada. II Jornadas Socio-económicas de Cartagena y su Comarca. Volumen II. C.O.E.C. Cartagena, 68-128.
- Moreno, J; Ortuño, A; Guzman, G. 1977. Contaminación ambiental en las provincias de Alicante y Murcia. III. Sulfuroso en el área urbana de Cartagena. *Actas I Congreso Nacional de Química*. Vigo, 161-166.
- Moreno, T; Querol, X; Castillo, S; Alastuey, A; Cuevas, E; Herrmann, L; Mounkaila, M; Elvira, J; Gibbons, W. 2006. Geochemical variations in aeolian mineral particles from the Sahara-Sahel Dust Corridor. *Chemosphere* 65, 261-270.
- Moreno Clavel, J. 1984. Aprovechamiento químico y energético de productos agrícolas. En: *Trasvase y Campo de Cartagena*. Caja de Ahorros del Mediterráneo. Gráficas Ciudad. Alcoy, 221-261.
- Moreno Clavel, J. 1997. Visión retrospectiva de los almarjos de Cartagena. Conferencia inaugural. V Reunión Red Española de Aerobiología. Cartagena, 16 y 17 de octubre de 1997. Cartagena, 25 pp.
- Moreno-Clavel, J; Moreno-Grau, S; Jiménez Torres, JE; Pérez Tornell, A; García Sauquillo, J; Serrano, J. 1991. Situación medioambiental, materia particulada,

9. Bibliografía

en el área urbana de Cartagena. Segundo Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. Valencia, 413-427.

Moreno Clavel, J; Moreno, JM; Moreno-Grau, S. 1998. Pollution in Cartagena and its development. En: Exchange experiences between European cities in the fields of clean air planning, CO₂ reduction and energy concepts. Common workshop of the Federal Environmental Agency (Berlin), COST 617 Management committee; Umwelt Bundes Amt. Berlin, 133-161.

Moreno Clavel, J; Moreno Grau, S; Moreno Grau, JM; Elvira Rendueles, B; Martinez García, MJ; Vergara Juarez, N; Moreno Angosto, JM; Vergara Pagán, L; Vergara Juarez, L. 1999. Aerosol atmosférico de Cartagena: Red de captación de alto volumen. Materia particulada sedimentable. Aerobiología. Año 1998. Grupos de Investigación Química del Medio Ambiente y Aerobiología y Toxicología Ambiental, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, 83 pp.

Moreno Clavel, J; Moreno Grau, S; Moreno Grau, JM; Elvira Rendueles, B; Martinez García, MJ; Vergara Juarez, N; Negral, L; Vergara Pagán, L; Vergara Juarez, L; Pascual Hernández, A. 2008. Aerosol atmosférico de Cartagena: Red de captación de alto volumen. Materia particulada sedimentable. Aerobiología. Año 2007. Grupos de Investigación Química del Medio Ambiente y Aerobiología y Toxicología Ambiental, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, 128 pp.

Moreno Grau, JM. 1998. Estudio de contaminantes fotoquímicos y sus precursores en la atmósfera de Cartagena. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Cartagena, 475 pp.

Moreno-Grau, S. 2006. La Vigilancia de la Contaminación Atmosférica: Pasado, Presente y Futuro. Academia de Farmacia Santa María de España de la Región de Murcia. Cartagena, 119 pp.

Moreno-Grau, S; Moreno-Clavel, J; Cascales Pujalte, JA; Serrano Aniorte, J. 1993. Estudio de la materia particulada en suspensión en Cartagena. 1986-1991. Actas

9. Bibliografía

- del III Congreso de Ingeniería Ambiental, PROMA 93, Área: Aire, Residuos. Bilbao, 161-169.
- Moreno-Grau, S; Pérez-Tornell, A; Bayo, J; Moreno, J; Angosto, JM; Moreno-Clavel, J. 2000. Particulate matter and heavy metals in the atmospheric aerosol from Cartagena, Spain. *Atmospheric Environment* 34, 5161-5167.
- Moreno Grau, S; Moreno, JM; Elvira-Rendueles, B; Vergara, N; Moreno-Clavel, J. 2002. Informe Parcial del Aerosol Atmosférico de Cartagena. Resultados Comparados entre los Valores de Materia Particulada en Suspensión Recogida por Distinto Métodos. Informe realizado por los grupos de Investigación Química del Medio Ambiente y Aerobiología y Toxicología Ambiental de la UCPT. Cartagena, 7 pp.
- Moreno-Grau, S; Cascales-Pujalte, JA; Martínez-García, MJ; Angosto, JM; Moreno, J; Bayo, J; García-Sánchez, A; Moreno-Clavel, J. 2002. Relationships between levels of lead, cadmium, zinc and copper in soil and settleable particulate matter in Cartagena (Spain). *Water, Air, and Soil Pollution* 137, 365-383.
- Müller, D; Mattis, I; Wandinger, U; Ansmann, A; Althausen, D; Dubovik, O; Eckhardt, S; Stohl, A. 2003. Saharan dust over a central European EARLINET-AERONET site: Combined observations with Raman lidar and Sun photometer. *Journal of Geophysical Research* 108 (D12), 4345.
- Muir, D. 2000. New Directions: The suitability of tapered element oscillating microbalances (TEOMs) for PM₁₀ monitoring in Europe. The use of PM₁₀ data as measured by TEOM for compliance with the European Air Quality Standard. *Atmospheric Environment* 34, 3209-3211.
- Naval Research Laboratory. 2005. Naval Aerosol Analysis and Prediction Systems, Global Aerosol Model. http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/index_shortcuts.html (accedido el 7 de marzo de 2005).
- Navarro Hervás, F. 1980. El relieve. En: Geografía de la Región de Murcia. Editor:

9. Bibliografía

- González Ortiz, JL. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia, 24-43 pp.
- Negral, L; Moreno-Grau, S; Moreno, J; Querol, X; Viana, MM; Alastuey, A. 2008. Natural and anthropogenic contributions to PM10 and PM2.5 in an urban area in the western Mediterranean coast. *Water, Air, and Soil Pollution* 192, 227-238.
- Negral, L; Moreno-Grau, S; Moreno, J; Scheff, P; Kenski, D; Viana, M; Alastuey, A; Querol, X. 2010. Approaches to control airborne aerosols at regional scale: multiple sources under unfavorable climatology. En: *Advances in Environmental Research*, Volume 3. Editor: Riley, AT. Nova Science Publishers. Hauppauge. En prensa. ISBN: 978-1-60876-168-5.
- Nickovic, S; Kallos, G; Papadopoulos, A; Kakaliagou, O. 2001. A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 106 (D16), 18113-18129.
- Norma ISO 7708:1995. *Esta norma es equivalente a la Norma UNE 77213:1997*. Calidad del aire. Definiciones de las fracciones de los tamaños de partículas para el muestreo asociado a problemas de salud. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, 14 pp.
- Norma UNE-EN 12341:1999. Calidad del aire. Determinación de la fracción PM 10 de la materia particulada en suspensión. Método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida al de referencia. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, 27 pp.
- Norma UNE-EN 14211:2006. Calidad del aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de dióxido de nitrógeno y monóxido de nitrógeno por quimioluminiscencia. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, 99 pp.
- Norma UNE-EN 14212:2006. Calidad del aire ambiente. Método normalizado de medida de la concentración de dióxido de azufre por fluorescencia de

9. Bibliografía

- ultravioleta. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, 101 pp.
- Norma UNE-EN 14907:2006. Calidad del aire ambiente. Método gravimétrico de medida para la determinación de la fracción másica PM 2,5 de la materia particulada en suspensión. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, 33 pp.
- Norris, G; Vedantham, R; Wade, K; Brown, S; Prouty, J; Foley, C. 2008. EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 3.0 Fundamentals and User Guide. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. Washington DC, 70 pp.
- Novakov, T; Penner, JE. 1993. Large contribution of organic aerosols to cloud-condensation-nuclei concentrations. *Nature* 365, 823-826.
- Oen, IS; Fernandez Gutiérrez, JC; Manteca, JI. 1975. The lead-zinc and associated ores of La Unión, sierra de Cartagena (Spain). *Economic Geology* 70, 1259-1278.
- Olmez, I; Sheffield, AE; Gordon, GE; Houck, JE; Pritchett, LC; Cooper, JA; Dzubay, TG; Bennett, RL. 1988. Compositions of particles from selected sources in Philadelphia for receptor modeling applications. *The International Journal of Air Pollution Control and Hazardous Waste Management* 38, 1392-1402.
- Ortiz Silla, M. 1986. Suelos. En: *Historia de Cartagena*. Editor: Mas García, J. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia, 241-268.
- Pacyna, JM. 1986. Emission factors of atmospheric elements. En: *Toxic Metals in the Atmosphere*. Editores: Nriagu, JO; Davidson, CI. Wiley. London, 1-32.
- Pacyna, JM. 1998. Source inventories for atmospheric trace metals. En: *Atmospheric Particles*. Editores: Harrison, RM; Van Grieken, RE. IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems, Volume 5. John Wiley and Sons. Chichester, 387-423.
- Pagano, RR. 2006. *Estadística para las Ciencias del Comportamiento*. Thomson,

9. Bibliografía

Séptima Edición. México, 580 pp.

- Pakkanen, TA; Loukkola, K; Korhonen, CH; Aurela, M; Mäkelä, T; Hillamo, RE; Aarnio, P; Koskentalo, T; Kousa, A; Maenhaut, W. 2001. Sources and chemical composition of atmospheric fine and coarse particles in the Helsinki area. *Atmospheric Environment* 35, 5381-5391.
- Pekkanen, J; Timonen, K; Ruuskanen, J; Reponen, A; Mirme, A. 1997. Effects of ultrafine and fine particles in urban air on peak expiratory flow among children with asthmatic symptoms. *Environmental Research* 74, 24-33.
- Penner, JE; Charlson, RJ; Hales, JM; Laulainen, N; Leifer, R; Novakov, T; Ogren, J; Radke, LF; Schwartz, SE; Travis, L. 1994. Quantifying and minimizing uncertainty of climate forcing by anthropogenic aerosols. *Bulletin of the American Meteorological Society* 75, 375-400.
- Peñalver Sánchez, J. 1990. Algunos aspectos geográficos de la precipitación en la Región de Murcia. *Papeles de Geografía* 16, 59-69.
- Peñarroya España. 1983. *El Libro del Centenario: 1881-1981*. Mateu Cromo. Madrid, 757 pp.
- Pérez Tornell, A. 1997. *El aerosol atmosférico de Cartagena: contenido en partículas totales en suspensión, plomo, cinc, cobre y cadmio, (1990-1994)*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Cartagena, 313 pp.
- Pérez, C; Nickovic, S; Baldasano, JM; Sicard, M; Rocadenbosch, F; Cachorro, VE. 2006a. A long Saharan dust event over the western Mediterranean: Lidar, Sun photometer observations, and regional dust modeling. *Journal of Geophysical Research* 111, D15214.
- Pérez, C; Nickovic, S; Pejanovic, G; Baldasano, JM; Özsoy, E. 2006b. Interactive dust-radiation modeling: A step to improve weather forecasts. *Journal of Geophysical Research* 111, D16206.
- Perraudin, E; Budzinski, H; Villenave, E. 2005. Kinetic study of the reactions of NO₂

9. Bibliografía

- with polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on silica particles. *Atmospheric Environment* 39, 6557–6567.
- Perry, KD; Cahill, TA; Eldred, RA; Dutcher, DD; Gill, TE. 1997. Long-range transport of North African dust to the eastern United States. *Journal of Geophysical Research* 102 (D10), 11225-11238.
- Peters, WL. 1973. Suelos y ecosistemas del Trópico Húmedo. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia, Luz* 2, 69-85.
- Pey Betrán, J. 2007. Caracterización físico-química de los aerosoles atmosféricos en el Mediterráneo occidental. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 333 pp.
- Pio, CA; Lopes, DA. 1998. Chlorine loss from marine aerosol in a coastal atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 103 (D19), 25263-25272.
- Polissar, VP; Hopke, PK; Paatero, P; Malm, WC; Sisler, JF. 1998. Atmospheric aerosol over Alaska 2. Elemental composition and sources. *Journal of Geophysical Research* 103 (D15), 19045-19057.
- Pope, CA; Burnett, RT; Thun, MJ; Calle, EE; Krewski, D; Ito, K; Thurston, GD. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287, 1132-1141.
- Pósfai, M; Molnár, Á. 2000. Aerosol particles in the troposphere: a mineralogical introduction. En: *EMU Notes in Mineralogy, Volume 2*. Editores: Vaughan, DJ; Wogelius, R. Eötvös University Press. Budapest, 197-252.
- Pozzi, R; De Berardis, B; Paoletti, L; Guastadisegni, C. 2003. Inflammatory mediators induced by coarse (PM_{2.5-10}) and fine (PM_{2.5}) urban air particles in RAW 264.7 cells. *Toxicology* 183, 243–254.
- Price, C; Penner, J; Prather, M. 1997a. NO_x from lightning: 1. Global distribution based on lightning physics. *Journal of Geophysical Research* 102 (D5), 5929-

9. Bibliografía

5941.

- Price, C; Penner, J; Prather, M. 1997b. NO_x from lightning: 2. Constraints from the global atmospheric electric circuit. *Journal of Geophysical Research* 102 (D5), 5943-5951.
- Prospero, JM. 1999. Long-range transport of mineral dust in the global atmosphere: Impact of African dust on the environment of the southeastern United States. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 96, 3396-3403.
- Prospero, JM; Blades, E; Mathison, G; Naidu, R. 2005. Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. *Aerobiologia* 21, 1-19.
- Prospero, JM; Ginoux, P; Torres, O; Nicholson, SE; Gill, TE. 2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the NIMBUS 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics* 40, 1002.
- Putaud, JP; Van Dingenen, R; Mangoni, M; Virkkula, A; Raes, F; Maring, H; Prospero, JM; Swietlicki, E; Berg, OH; Hillamo, R; Mäkelä, T. 2000. Chemical mass closure and assessment of the origin of the submicron aerosol in the marine boundary layer and the free troposphere at Tenerife during ACE-2. *Tellus* 52B, 141-168.
- Quentel, F; Elleouet, C. 1999. Speciation of selenium in seawater by cathodic stripping voltammetry. *Electroanalysis* 11, 47-51.
- Querol Carceller, X. 2004. Contaminación atmosférica por partículas en suspensión. En: *Los Sistemas Terrestres y sus Implicaciones Medioambientales*. Coordinador: Romero Aires, C. Ministerio de Educación, Subdirección General de Información y Publicaciones. Madrid, 133-172.
- Querol, X; Alastuey, A; Chaves, A; Spiro, B; Plana, F; Lopez-Soler, A. 2000. Sources

9. Bibliografía

- of natural and anthropogenic sulphur around the Teruel power station, NE Spain. Inferences from sulphur isotope geochemistry. *Atmospheric Environment* 34, 333-345.
- Querol, X; Alastuey, A; de la Rosa, J; Sánchez-de-la-Campa, A; Plana, F; Ruiz, CR. 2002b. Source apportionment analysis of atmospheric particulates in an industrialised urban site in southwestern Spain. *Atmospheric Environment* 36, 3113-3125.
- Querol, X; Alastuey, A; Escudero, M; Pey, J; Castillo, S; Pérez, N; Ferreira, F; Franco, N; Marques, F; Cuevas, E; Alonso, S; Artíñano, B; Salvador, P; de La Rosa, J; Jiménez, S; Cristóbal, M; Pallarés, A; González, A. 2007a. Procedimiento para identificación de episodios naturales africanos PM_{10} y $PM_{2.5}$, y la demostración de causa en lo referente a las superaciones del valor límite diario de PM_{10} . Ministerio de Medio Ambiente-España, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental; Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional-Portugal, Instituto do Ambiente. Madrid y Lisboa, 26 pp.
- Querol, X; Alastuey, A; Lopez-Soler, A; Plana, F; Puigercus, JA; Mantilla, E; Palau, JL. 1999. Daily evolution of sulphate aerosols in a rural area, northeastern Spain-elucidation of an atmospheric reservoir effect. *Environmental Pollution* 105, 397-407.
- Querol, X; Alastuey, A; Moreno, T; Cristóbal, A; Pallarés, M; Pey, J; Viana, MM; Moreno, S; Negral, L; Salvador, P; Artíñano, B; Palomo, R; Pinilla, E; Calvo, L. 2005a. Interpretación de series temporales (1999-2003) de niveles de partículas en suspensión en España. Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Madrid, 301 pp.
- Querol, X; Alastuey, A; Moreno, T; Viana, MM; Castillo, S; Pey, J; Rodríguez, S; Cristóbal, A; Jiménez, S; Pallarés, M; De La Rosa, J; Artíñano, B; Salvador, P; Sánchez, M; García dos Santos, S; Herce Garraleta, MD; Fernández-Patier, R;

9. Bibliografía

- Moreno-Grau, S; Negral, L; Minguillón, MC; Monfort, E; Sanz, MJ; Palomo-Marín, R; Pinilla-Gil, E; Cuevas, E. 2006. Niveles y composición de PM₁₀ y PM_{2.5} en España. Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Madrid, 443 pp.
- Querol, X; Alastuey, A; Moreno, T; Viana, MM; Castillo, S; Pey, J; Rodríguez, S; Artíñano, B; Salvador, P; Sánchez, M; Garcia Dos Santos, S; Herce Garraleta, MD; Fernandez-Patier, R; Moreno-Grau, S; Negral, L; Minguillón, MC; Monfort, E; Sanz, MJ; Palomo-Marín, R; Pinilla-Gil, E; Cuevas, E; de la Rosa, J; Sánchez de la Campa, A. 2008. Spatial and temporal variations in airborne particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) across Spain 1999-2005. *Atmospheric Environment* 42, 3964-3979.
- Querol, X; Alastuey, A; Pey, J; Escudero, M; Castillo, S; González Ortiz, A; Pallarés, M; Jiménez, S; Cristóbal, A; Ferreira, F; Marques, J; Monjardino, J; Cuevas, E; Alonso, S; Artíñano, B; Salvador, P; de la Rosa, J. 2010. Procedimiento para la Identificación de Episodios Naturales de PM₁₀ y PM_{2,5}, y la Demostración de Causa en lo Referente a las Superaciones del Valor Límite Diario de PM₁₀. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino; Universidad Nova de Lisboa; Agencia Estatal de Meteorología; Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas; Universidad de Huelva. Madrid, 36 pp.
- Querol, X; Alastuey, A; Puigercus, JA; Mantilla, E; Ruiz, CR; Lopez-Soler, A; Plana, F; Juan, R. 1998. Seasonal evolution of suspended particles around a large coal-fired power station: chemical characterization. *Atmospheric Environment* 32, 719-731.
- Querol, X; Alastuey, A; Rodriguez, S; Plana, F; Mantilla, E; Ruiz, CR. 2001a. Monitoring of PM₁₀ and PM_{2.5} around primary particulate anthropogenic emission sources. *Atmospheric Environment* 35, 845-858.
- Querol, X; Alastuey, A; Rodriguez, S; Plana, F; Plana, F; Ruiz, C. R; Cots, N;

9. Bibliografía

- Massagué, G; Puig, O. 2001b. PM10 and PM2.5 source apportionment in the Barcelona metropolitan area, Catalonia, Spain. *Atmospheric Environment* 35, 6407-6419.
- Querol, X; Alastuey, A; Rodríguez, S; Viana, MM; Artíñano, B; Salvador, P; Mantilla, E; Santos, SGD; Patier, RF; Rosa, JDL; Campa, ASDL; Menéndez, M. 2002a. Interpretación de Series Temporales (1996-2000) de Niveles de Partículas en Suspensión en España. Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Madrid, 548 pp.
- Querol, X; Alastuey, A; Rodríguez, S; Viana, MM; Artíñano, B; Salvador, P; Mantilla, E; Santos, SGD; Patier, RF; Rosa, JDL; Campa, ASDL; Menendez, M. 2003. Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado en España: Informes finales. IJA-CSIC, ISCIII, CIEMAT, Universidad de Huelva, Universidad del País Vasco. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 424 pp.
- Querol, X; Alastuey, A; Rodríguez, S; Viana, MM; Artíñano, B; Salvador, P; Mantilla, E; García do Santos, S; Fernandez Patier, R; de La Rosa, J; Sanchez de la Campa, A; Menéndez, M; Gil, JJ. 2004a. Levels of particulate matter in rural, urban and industrial sites in Spain. *Science of the Total Environment* 334-335, 359-376.
- Querol, X; Alastuey, A; Ruiz, CR; Artíñano, B; Hansson, HC; Harrison, RM; Buringh, E; ten Brink, HM; Bruckmann, P; Straehl, P; Schneiden, J. 2004b. Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in selected European cities. *Atmospheric Environment* 38, 6547-6555.
- Querol, X; Alastuey, A; Viana, MM; Rodriguez, S; Artíñano, B; Salvador, P; Garcia Do Santos, S; Fernandez Patier, R; De La Rosa, J; Sanchez De La Campa, A; Menendez, M. 2005b. Contaminación atmosférica por partículas en suspensión. En: Colección Aulas de Verano de la Universidad Complutense de Madrid; Instituto Superior de Formación de Profesorado, Ed.; Cursos del Escorial

9. Bibliografía

- Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid, 133-172.
- Querol, X; Alastuey, A; Viana, MM; Rodriguez, S; Artíñano, B; Salvador, P; Garcia do Santos, S; Fernandez Patier, R; Ruiz, CR; de la Rosa, J; Sanchez de la Campa, A; Menendez, M; Gil, JI. 2004c. Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in Spain. *Journal of Aerosol Science* 35, 1151-1172.
- Querol, X; Viana, M; Alastuey, A; Amato, F; Moreno, T; Castillo, S; Pey, J; de la Rosa, J; Sánchez de la Campa, A; Artíñano, B; Salvador, P; García Dos Santos, S; Fernández-Patier, R; Moreno-Grau, S; Negral, L; Minguillón, MC; Monfort, E; Gil, JI; Inza, A; Ortega, LA; Santamaría, JM; Zabalza, J. 2007b. Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain. *Atmospheric Environment* 41, 7219-7231.
- Ramírez Gabarrús, M. 1980. *La Construcción Naval Militar Española. 1730-1980: La Empresa Nacional Bazán y sus Antecedentes Históricos*. Empresa Nacional Bazán. Barcelona, 255 pp.
- Real Decreto 1073/2002 de 18 de octubre, Boletín Oficial del Estado 260, 30/10/2002, pp. 38020-38033.
- Real Decreto 1197/1979 de 20 de febrero, Boletín Oficial del Estado 123, 23/05/1979, p.1140.
- Real Decreto 1321/1992 de 30 de octubre, Boletín Oficial del Estado 289, 02/12/1992, pp. 40767-40768.
- Real Decreto 1613/1985 de 1 de agosto, Boletín Oficial del Estado 219, 12/09/1985, pp. 28797-28799.
- Reff, A; Eberly, SI; Bhawe, PV. 2007. Receptor modeling of ambient particulate matter data using positive matrix factorization: review of existing methods. *Journal of the Air and Waste Management Association* 57, 146-154.
- Reis, MA; Oliveira, OR; Alves, LC; Rita, EMC; Rodrigues, F; Fialho, P; Pio, CA; Freitas, MC; Soares, JC. 2002. Comparison of continental Portugal and Azores

9. Bibliografía

- Islands aerosol during a Sahara dust storm. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 189, 272–278.
- Rivera Núñez, D; Obón de Castro, C. 1991. *La Guía INCAFO de las Plantas Útiles y Venenosas de la Península Ibérica y Baleares (Excluidas Medicinales)*. Incafo. Madrid, 1257 pp.
- Rivera-Carpio, CA; Corrigan, CE; Novakov, T; Penner, JE; Rogers, CF; Chow, JC. 1996. Derivation of contributions of sulfate and carbonaceous aerosols to cloud condensation nuclei from mass size distributions. *Journal of Geophysical Research* 101 (D14), 19483-19493.
- Rizzo, MJ; Scheff, PA. 2007. Fine particulate source apportionment using data from the USEPA speciation trends network in Chicago, Illinois: comparison of two source apportionment models. *Atmospheric Environment* 41, 6276-6288.
- Robles Arenas, VM. 2007. *Caracterización hidrogeológica de la Sierra de Cartagena-La Unión (SE de la Península Ibérica). Impacto de la minería abandonada sobre el medio hídrico*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 211 pp.
- Rodríguez, S; Querol, X; Alastuey, A; Kallos, G; Kakaliagou, O. 2001. Saharan dust contributions to PM₁₀ and TSP levels in Southern and Eastern Spain. *Atmospheric Environment* 35, 2433-2447.
- Rodríguez, S; Querol, X; Alastuey, A; Mantilla, E. 2002. Origin of high PM₁₀ and TSP concentrations in summer in Eastern Spain. *Atmospheric Environment* 36, 3101-3112.
- Rodríguez, S; Van Dingenen, R; Putaud, JP; Martins-Dos Santos, S; Roselli, D. 2005. Nucleation and growth of new particles in the rural atmosphere of Northern Italy-relationship to air quality monitoring. *Atmospheric Environment* 39, 6734-6746.
- Roelle, PA; Aneja, VP; Gay, B; Geron, C; Pierce, T. 2001. Biogenic nitric oxide

9. Bibliografía

- emissions from cropland soils. *Atmospheric Environment* 35, 115-124.
- Rogge, WF; Medeiros, PM; Simoneit, BRT. 2006. Organic marker compounds for surface soil and fugitive dust from open lot dairies and cattle feedlots. *Atmospheric Environment* 40, 27-49.
- Romero, MA. 1980a. Los suelos. En: *Geografía de la Región de Murcia*. Editor: González Ortiz, JL. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia, 83-91.
- Romero, MA. 1980b. El clima. En: *Geografía de la Región de Murcia*. Editor: González Ortiz, JL. Ediciones Mediterráneo, S.A. Murcia, 44-57.
- Rose, D; Wehner, B; Ketzler, M; Engler, C; Voigtländer, J; Tuch, T; Wiedensohler, A. 2006. Atmospheric number size distributions of soot particles and estimation of emission factors. *Atmospheric Chemistry and Physics* 6, 1021-1031.
- Salvador, P; Artíñano, B; Alonso, DG; Querol, X; Alastuey, A. 2004. Identification and characterisation of sources of PM₁₀ in Madrid (Spain) by statistical methods. *Atmospheric Environment* 38, 435-447.
- Sanjurjo Sánchez, J; Alves, CAS; Vidal Romaní, JR; Fernández Mosquera, D. 2009. Origin of gypsum-rich coatings on historic buildings. *Water, Air, and Soil Pollution* 204, 53-68.
- Schaap, M; Spindler, G; Schulz, M; Acker, K; Maenhaut, W; Berner, A; Wieprecht, W; Streit, N; Müller, K; Brüggemann, E; Chi, X; Putaud, JP; Hitzenberger, R; Puxbaum, H; Baltensperger, U; ten Brink, H. 2004. Artefacts in the sampling of nitrate studied in the “INTERCOMP” campaigns of EUROTRAC-AEROSOL. *Atmospheric Environment* 38, 6487-6496.
- Schütz, L; Sebert, M. 1987. Mineral aerosols and source identification. *Journal of Aerosol Science* 18, 1-10.
- Schurath, U; Naumann, KH. 1998. Heterogeneous processes involving atmospheric particulate matter. *Pure and Applied Chemistry* 70, 1353-1361.

9. Bibliografía

- Schwartz, J; Dochery, DW; Neas, LM. 1996. Is daily mortality associated specifically with fine particles? *Journal of Air and Waste Management Association* 46, 927-939.
- Seidl, W; Brunnemann, G; Kins, E; Kölher, E; Reusswig, K; Ruoss, K; Seiler, T; Dlugi, R. 1996. Nitrate in the accumulation mode; data from measurement campaigns in eastern Germany. En: *Nucleation and Atmospheric Aerosols*. Editores: Kulmala, M; Wagner, PE. Pergamon. Oxford, 431-434.
- Seinfeld, JH; Pandis, SN. 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1326 pp.
- Serrano Aniorte, J. 2001. Definición de la contribución de las fuentes a los niveles de calidad del aire de Cartagena mediante la aplicación de un modelo de receptor basado en el balance químico de materia. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, 461 pp.
- Sieburth, JM. 1983. Microbiological and organic-chemical processes in the surface and mixed layers. En: *Air-Sea Exchange of Gases and Particles*. NATO Advanced Study Institute on Air-Sea Exchange of Gases and Particles. NATO ASI Series, Series C: Mathematical and Physical Sciences 108. Editores: Liss, PS; Slinn, WGN. Kluwer Academic Publishers Group. Dordrecht, 121-172.
- Singh, RB; Sloan, JJ. 2006. A high-resolution NO_x emission factor model for North American motor vehicles. *Atmospheric Environment* 40, 5214-5223.
- Sloane, CS; Watson, J; Chow, J; Pritchett, L; Richards, LW. 1991. Size-segregated fine particle measurements by chemical species and their impact on visibility impairment in Denver. *Atmospheric Environment* 25, 1013-1024.
- Sokolik, IN; Toon, OB. 1996. Direct radiative forcing by anthropogenic airborne mineral aerosols. *Nature* 381, 681-683.
- Spadaro, JV; Rabl, A. 2001. Damage costs due to automotive air pollution and the influence of street canyons. *Atmospheric Environment* 35, 4763-4775.

9. Bibliografía

- Sternbeck, J; Sjödin, A; Andréasson, K. 2002. Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension-results from two tunnel studies. *Atmospheric Environment* 36, 4735-4744.
- Sun, QH; Wang, AX; Jin, XM; Natanzon, A; Duquaine, D; Brook, RD; Aguinaldo, JGS; Fayad, ZA; Fuster, V; Lippmann, M; Chen, LC; Rajagopalan, S. 2005. Long-term air pollution exposure and acceleration of atherosclerosis and vascular inflammation in an animal model. *Jama-Journal of the American Medical Association* 294, 3003-3010.
- Tanner, PA; Wong, AYS. 2000. Soluble trace metals and major ionic species in the bulk deposition and atmosphere of Hong Kong. *Water, Air, and Soil Pollution* 122, 261-279.
- Ten Harkel, MJ. 1997. The effects of particle-size distribution and chloride depletion of sea-salt aerosols on estimating atmospheric deposition at a coastal site. *Atmospheric Environment* 31, 417-427.
- Thurston, GD; Spengler, JDA. 1985. Quantitative assessment of source contributions to inhalable particulate matter pollution in metropolitan Boston. *Atmospheric Environment* 19, 9-25.
- Treier, K; Pajuste, K; Frey, J. 2004. Recent trends in chemical composition of bulk precipitation at Estonian monitoring stations 1994-2001. *Atmospheric Environment* 38, 7009-7019.
- Trigo, MDM; Toro, FJ; Recio, M; Cabezudo, B. 2000. A statistical approach to comparing the results from different aerobiological stations. *Grana* 39, 252-258.
- Turpin, BJ; Saxena, P; Andrews, E. 2000. Measuring and simulating particulate organics in the atmosphere: problems and prospects. *Atmospheric Environment* 34, 2983-3013.
- U.S. Department of the Navy. 1996. Impact of recent and anticipated changes in airborne emission exposure limits on shipyard workers. *The National*

9. Bibliografía

- Shipbuilding Research Program, NSRP 0463. West Bethesda, 104 pp.
- Ueda, H; Takemoto, T; Kim, YP; Sha, W. 2000. Behaviors of volatile inorganic components in urban aerosols. *Atmospheric Environment* 34, 353-361.
- Van Dingenen, R; Raes, F; Putaud, JP; Baltensperger, U; Charron, A; Facchini, MC; Decesari, S; Fuzzi, S; Gehrig, R; Hansson, HC; Harrison, RM; Hüglin, C; Jones, AM; Laj, P; Lorbeer, G; Maenhaut, W; Palmgren, F; Querol, X; Rodríguez, S; Schneider, J; Brink, H; Tunved, P; Tørseth, K; Wehner, B; Weingartner, E; Wiedensohler, A; Wählin, P. 2004. A European aerosol phenomenology-1: physical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe. *Atmospheric Environment* 38, 2561-2577.
- Van-Dinh, P; Lacaux, JP; Serpola, R. 1994. Cloud-active particles from African savanna combustion experiments. *Atmospheric Research* 31, 41-58.
- Vergara Juárez, N. 2005. Evolución del aerosol atmosférico sedimentable en la ciudad de Cartagena en el periodo 1991-2003. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, 601 pp.
- Viana Rodríguez, MM. 2003. Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores Norte y Este de la Península Ibérica y Canarias. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona, 386 pp.
- Viana, M. 2004. Contribución de fuentes por medio de Análisis de Componentes Principales y Regresión Multilineal. Comunicación personal. Barcelona, 7 pp.
- Viana, M; Amato, F; Alastuey, A; Querol, X. 2009. Chemical tracers of particulate emissions from commercial shipping. *Environmental Science and Technology* 43, 7472-7477.
- Viana, M; Kuhlbusch, TAJ; Querol, X; Alastuey, A; Harrison, RM; Hopke, PK; Winiwarter, W; Vallius, M; Szidat, S; Prévôt, ASH; Hueglin, C; Bloemen, H; Wählin, P; Vecchi, R; Miranda, AI; Kasper-Giebl, A; Maenhaut, W;

9. Bibliografía

- Hitzenberger, R. 2008. Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results. *Journal of Aerosol Science* 39, 827-849.
- Viana, M; Pérez, C; Querol, X; Alastuey, A; Nickovic, S; Baldasano, JM. 2005. Spatial and temporal variability of PM levels and composition in a complex summer atmospheric scenario in Barcelona (NE Spain). *Atmospheric Environment* 39, 5343-5361.
- Viana, M; Querol, X; Alastuey, A; Cuevas, E; Rodríguez, S. 2002. Influence of African dust on the levels of atmospheric particulates in the Canary Islands air quality network. *Atmospheric Environment* 36, 5861-5875.
- Vicent, JH. 1989. *Aerosol Sampling. Science and Practice*. John Wiley and Sons. Chichester, 390 pp.
- Victoria, F. 1984. *La Contaminación Atmosférica en la Región de Murcia. Volumen 8 de Cuadernos de Territorio y Medio Ambiente*. Consejería de Infraestructura y Política Territorial. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Murcia, 198 pp.
- Von Uexküll, O; Skerfving, S; Doyle, R; Braungart, M. 2005. Antimony in brake pads- a carcinogenic component? *Journal of Cleaner Production* 13, 19-31.
- Wählin, P; Berkowicz, R; Palmgren, F. 2006. Characterisation of traffic-generated particulate matter in Copenhagen. *Atmospheric Environment* 40, 2151-2159.
- Wakamatsu, S; Utsunomiya, A; Han, JS; Mori, A; Uno, I; Uehara, K. 1996. Seasonal variation in atmospheric aerosol concentration covering Northern Kyushu, Japan and Seoul, Korea. *Atmospheric Environment* 30, 2343-2354.
- Wark, K; Warner, CF. 1990. *Contaminación del Aire: Origen y Control*. Limusa Noriega. México, 650 pp.
- Warneck, P. 1988. Chemistry of the natural atmosphere. En: *International Geophysics Series, Volume 41*. Editores: Dmowska, R; Holton, JR. Academy Press Inc. San Diego, 757 pp.

9. Bibliografía

- Watson, JG; Zhu, T; Chow, JC; Engelbrecht, J; Fujita, EM; Wilson, WE. 2002. Receptor modeling application framework for particle source attribution. *Chemosphere* 49, 1093-1136.
- White, WH; Macias, ES. 1989. Carbonaceous particles and regional haze in the western United States. *Aerosol Science and Technology* 10, 111-117.
- WHO (World Health Organization). 2002. Guidelines for Concentration and Exposure-Response Measurement of Fine and Ultra Fine Particulate Matter for Use in Epidemiological Studies. Published on behalf of the European Commission. Ispra, 206 pp.
- WHO (World Health Organization). 2006. Health Risks of Particulate Matter from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO Regional Office for Europe, European Centre for Environment and Health, Bonn Office. Copenhagen, 113 pp.
- Williams, M; Bruckmann, P. 2002. Guidance to Member States on PM₁₀ Monitoring and Intercomparisons with the Reference Method. European Commission Working Group on Particulate Matter. Brussels, 69 pp.
- Wolff, GT; Ruthkosky, MS; Stroup, DP; Korsog, PE. 1991. A characterization of the principal PM-10 species in Claremont (summer) and Long Beach (fall) during SCAQS. *Atmospheric Environment* 25, 2173-2186.
- Wu, L; Enberg, A; Tanji, KK. 1993. Natural establishment and selenium accumulation of herbaceous plant species in soils with elevated concentrations of selenium and salinity under irrigation and tillage practices. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 25, 127-140.
- Wurzler, S; Reisin, TG; Levin, Z. 2000. Modification of mineral dust particles by cloud processing and subsequent effects on drop size distributions. *Journal of Geophysical Research* 105 (D4), 4501-4512.
- Yeatts, K; Svendsen, E; Creason, J; Alexis, N; Herbst, M; Scott, J; Kupper, L;

9. Bibliografía

- Williams, R; Neas, L; Cascio, W; Devlin, RN; Peden, DB. 2007. Coarse particulate matter (PM_{2.5-10}) affects heart rate variability, blood lipids, and circulating eosinophils in adults with asthma. *Environmental Health Perspectives* 115, 709–714.
- Yu, J; Griffin, RJ; Cocker, DR; Flangan, RC; Seinfeld, JH; Blanchard, P. 1999. Observation of gaseous and particulate products of monoterpene oxidation in forest atmosphere. *Geophysical Research Letters* 26, 1145-1148.
- Zhu, Y; Hinds, WC; Kim, S; Shen, S; Sioutas, C. 2002. Study of ultrafine particles near a major highway with heavy-duty diesel traffic. *Atmospheric Environment* 36, 4323-4335.
- Zhuang, H; Chan, CK; Fang, M; Wexler, AS. 1999. Formation of nitrate and non-sea-salt sulphate on coarse particles. *Atmospheric Environment* 33, 4223-4233.

**VARIABILITY OF LEVELS AND
COMPOSITION IN AIRBORNE
PARTICULATE MATTER IN THE
SOUTHEAST OF THE IBERIAN
PENINSULA**

ENGLISH SUMMARY

1. INTRODUCTION

1. Introduction

The Spanish Law 34/2007 defines air pollution as “the occurrence in atmosphere of materials, substances or energy that cause nuisance, risk or damage to human health, human security, environment and the rest of the goods, whatever their natures are”. In other words, it implies that air quality parameters worsen.

The sources of air pollution may be either natural or anthropogenic. Contributions from natural sources can be assessed but cannot be controlled (Directive 2008/50/EC). Human pollution is the undesirable result of other desirable activities, so the advantages and disadvantages must be balanced to achieve an equilibrium. Most of the times, this equilibrium has its root in the regulations limiting the concentrations of air pollutants. In order to establish a proper threshold, science supplies the knowledge to this task.

Baron and Willeke (2001a) define an aerosol as “an assembly of liquid or solid particles suspended in a gaseous medium, for example, air, long enough to be observed and measured”. Mészáros (1999) excludes the pure water.

As legal thresholds for gaseous pollutants are specific for every substance, the legal limits are complex when dealing with particulate matter (PM). The reason is that aerosol is typically polydisperse (Seinfeld and Pandis, 1998; Morawska et al., 1999).

The size of particles is relevant because it conditions properties such as the residence time. The coarse particles are governed by the gravity and inertial forces; these particles constitute the “settable aerosol”, their size is above 20-30 μm (Lodge, 1989; Querol Carceller, 2004) and their residence time is around some hours. As the size is reduced, the equations that control the movement of the particle are adjusted to enter the transition or slip regime (Vicent, 1989; Baron and Willeke, 2001c); these particles constitute the “suspended aerosol” and their residence time is from days until

months; so they can travel thousands of kilometers if the meteorology allows them (Pósfai and Molnár, 2000). The finest particles can be explained by the kinetic theory of gases, with the free molecular regime (Baron and Willeke, 2001c). In this thesis the suspended particulate matter (PM) is studied.

The interest for PM lies in the damage that it causes when it penetrates deep in the lungs (Sung et al., 2005; Gutiérrez-Castillo et al., 2006; Yeatts et al., 2007; Middleton et al., 2008). Maynard and Jensen (2001) and De Kok et al. (2006) checked an increased penetrability for fine particles when compared with the coarse ones. However, this sentence should be specified in terms of mass and number of particles. The Directive 2008/50/EC manages the risks associated to PM by fixing legal limits that must be accomplished, the chosen parameters are “PM₁₀” and “PM_{2.5}”. In spite of this, the compliance of the legal thresholds for “PM₁₀” and “PM_{2.5}” cannot be identified with harmlessness. Particles may pose another risk due to their composition, so their toxicity depends on their chemical speciation (Künzli et al., 2006). Following this further Directive 2004/107/EC fixes target values for As, Cd and Ni in PM₁₀.

Baron and Willeke (2001b) introduce the concept of desirable and undesirable aerosols. Among the formers are the Cloud Condensation Nuclei (CCN). Clouds require particles to be formed, so rainfall does (Hudson and Da, 1996).

The natural sources of PM that affect the southeastern Iberian Peninsula are mainly the dust outbreaks from the African deserts, the resuspension of crustal material with local origin, and the marine aerosol (Moreno Grau, 1998; Querol et al., 2006; Negral et al., 2008). The dust outbreaks reaching Cartagena and the Region of Murcia have been studied for five years (January 2004 until May 2008) in this thesis. Every source has its own tracers (Li et al., 2003), just like the dust outbreaks do. In this way, the chemical

speciation together with meteorological information may help the researcher to identify the patterns of these situations.

Apart from that, human-caused atmospheric pollution has been a historic issue in Cartagena (Moreno-Grau, 2006). Though the industrial activity was much more intense in past decades (Martínez García, 1996), the city continues being an industrial pole, what has entailed detailed studies about atmospheric pollution in the city (Cascales Pujalte, 1993; Pérez Tornell, 1997; Serrano Aniorte, 2001; Cirera Suárez, 2005; Vergara Juárez, 2005; Martínez Arroyo, 2006).

This is the first time that the current parameters PM_{10} and $PM_{2.5}$ are considered in a study of this level in Cartagena. The analyzed period corresponds to the years 1998-2008. Moreover, this work is innovative for the Region of Murcia in terms of the definition of the impact of African dust outbreaks and the meteorological scenarios causing this phenomenon. This exercise is challenging since it allows the air quality managers to demonstrate that the breaches to the legal thresholds are due to natural sources. In this analysis, about fifty analytical variables are available. This number of variables is enough to perform factor analysis techniques. Apart from the Principal Components Analysis applied to the data of PM_{10} and $PM_{2.5}$, there is another factor analysis technique that is utilized, for the first time, in data from Cartagena: the Positive Matrix Factorization (PMF).

2. OBJECTIVES

2. Objectives

This work can be addressed as part of the studies about atmospheric PM carried out by the groups Atmospheric Inorganic Geochemistry from the Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA, CSIC) and Environmental Chemistry (UPCT). The study was planned to define the apportions and sources to both PM₁₀ and PM_{2.5} sizes in a city where natural conditions do not favor a good ventilation. The objectives of the study are:

1. To make the database of the suspended fraction of aerosol in PM₁₀ and PM_{2.5} in terms of mass concentration and chemical speciation. This is complemented by the meteorological variables which allow the researcher to establish the spatial and temporal variability of the quantified species.
2. To define and analyze the origins of air masses in the Region of Murcia.
3. To study the meteorological charts associated to the dust outbreaks affecting the Region of Murcia.
4. To identify the days when contributions from the Sahara-Sahel deserts happen. The influence of both dust outbreaks and winds onto variables is also analyzed.
5. To quantify the mass contribution of dust outbreaks to the levels of PM₁₀ in sampling stations of Cartagena.
6. To check the level of compliance with the legal thresholds associated to PM (PM₁₀, Pb, Cd, As y Ni).
7. To apply statistical tools based on Principal Component Analysis (PCA) and Positive Matrix Factorization (PMF), to the gathered data. This will let the researcher to define and quantify the sources of aerosol.

8. To assess the used tools for factor analysis techniques, the arisen sources and the concentrations predicted by the models.

9. To perform a critical review of the used methods and their results.

10. As a consequence of objective 1 to 9, to define the most important anthropogenic sources when planning the environmental management in the city of Cartagena.

3. BACKGROUND

3. Background

Atmospheric particulate matter is one of the “criteria pollutants” which must be monitored due to its consequences: toxicological, epidemiological, geochemical, and, in the last term, economical (Wark and Warner, 1990; Cox, 2000; EPA, 2005). However, aerosols play a main role in the formation of clouds (Hudson and Da, 1996), so this role of aerosols is needed in the water cycle.

PM is defined by a series of properties such as the size, the way of formation, the shape, the residence time, the chemical composition, the sources, and the effects (Seinfeld and Pandis, 1998).

The size is a consequence of the source. Particles follow size distributions which vary depending on the environment of origin. Even in a same place, these size distributions differ if the mass or the number of particles are studied. Actually, the ratios between sizes (e.g. $PM_{2.5}/PM_{10}$) mark the emission sources (Van Dingenen, 2004).

As a consequence of the interest in aerosols by several disciplines, the terms used for the designation of aerosols are not sometimes equivalent. In atmospheric sciences, the “ultrafine particles” represent to those particles smaller than $0.1\ \mu m$; “fine particles” are those ones smaller than $1\ \mu m$; and “coarse particles” are bigger than $1\ \mu m$. When a general distribution function of size is revised, there are four modes of size (EPA, 1996; Querol Carceller, 2004): the Nucleation mode ($< 0.02\ \mu m$), the Aitken mode ($0.02\text{-}0.1\ \mu m$), the Accumulation mode ($0.1\text{-}1\ \mu m$), and the Coarse mode ($> 1\ \mu m$).

Concerning the way of formation, a “primary particle” is directly emitted to the atmosphere, whereas a “secondary particle” is formed from one or various precursors in the atmosphere (Warneck, 1988).

Though particles in the atmosphere may be spheres (e.g. droplets), there are fibers and other regular and irregular shapes. Due to this variability of shapes, to assign particles a size, scientists use the aerodynamic equivalent diameter (Wark and Warner, 1990).

The residence time of a particle is dependent on its size and thermodynamic instability (Viana Rodríguez, 2003). Particles with large residence times may remain during weeks, so winds and meteorological conditions may disperse these aerosols to thousands of kilometers (Mészáros, 1999; Prospero, 1999). On the other hand, the wet or dry deposition removes PM from the atmosphere (Harrison et al., 2001).

In terms of the chemical composition, the fractions of PM may be grouped as the following fractions:

a) Mineral or crustal. This fraction is the major one at a global scale (Duce, 1995; IPCC, 1996). The resuspension from soils is the major apportion to this fraction, specially from those areas where the landscape is desert or particularly eroded, with very scarce vegetation or even without it (Duce, 1995; IPCC, 1996; Cowherd, 2001; Prospero et al., 2002). Construction, mining, or the resuspension of the pavement are not natural processes which also emit PM in this group (Querol et al., 2001b, 2004c).

b) Marine aerosol. These contributions are the second most relevant in a global scale (IPCC, 1996; 2001). Apart from NaCl, other remarkable species are MgCl_2 , MgSO_4 , K_2SO_4 and Na_2SO_4 .

c) Sulfur compounds. About 7-10% of the global emissions are due to sulfur compounds (IPCC, 1996, 2001). Most of the sulfur compounds are secondary sulfates which appear in the atmosphere because of the oxidation of SO_2 in clouds (Langner and Rhode, 1992).

d) Nitrogen compounds. About 2-5% of the global emissions are due to nitrogen compounds (IPCC, 1996, 2001). As sulfur compounds, most of the nitrogen compounds in PM have a secondary origin from gaseous precursors as NO and NO_x do. The natural emissions of these gaseous precursors only account for one third of the anthropogenic emissions (Mészáros, 1993).

e) Carbonaceous particles. About 2-5% of the global emissions are due to carbon compounds (IPCC, 1996, 2007). Species such as elemental carbon (EC) or the organic matter (OM) are summarized in the total carbon fraction (TC) which represents the sum of OM+EC.

Natural sources of PM are deserts, marine and oceanic water, volcanoes and biological organisms. Anthropogenic sources are combustion of fossil fuels, industry, agriculture and stockbreeding, and traffic (Seinfeld and Pandis, 1998; European Commission, 2004).

PM has negative effects on health (WHO, 2006; Yeatts et al., 2007; Middleton et al., 2008). It interferes biomass production because it settles on vegetables and it avoids photosynthesis and gases exchange (Wark and Warner, 1990). It also alters building materials (Butlin et al., 1995; Corvo et al., 2010). Finally, PM is part of the climate system as it produces positive and negative radiative forcings (depending on the chemical composition) and, as it has been previously commented, it is required for clouds to appear.

The study area of this thesis corresponds to the southeastern Spanish Region of Murcia. A province with 1392117 inhabitants in an area of 11313 km² (INE, 2008). It entails 11 districts whose capital is the city of Murcia, and the most industrial one is Cartagena. The cost of the Region has an extension of 250 Km in the Mediterranean

shoreline. About 23% of the territory is below 200 m of altitude, 44.7% between 200-600 m, and the remaining 32.3% is placed above 600 m. The main river in the province is Segura, this river slightly extends its watershed out of the borders of the Region of Murcia. The geology of the area is derived from its southeastern position in the Betic Mountains. The three zones (Prebetic, Subbetic and Betic) are described in the Region. Sulfur ores have been historically exploded in the mining district of Cartagena-La Unión (Moreno-Grau et al., 2002; García et al., 2008).

The climate of the Region of Murcia is typically Mediterranean, with annual precipitation below 350 mm and a mean annual temperature which fluctuates in the province from 12° C to 19° C. The water deficit is common to all districts in this territory and it reaches from 100 up to 700 mm (Romero, 1980b).

The historical problems with air pollution in the Region of Murcia may be split in two places: the city of Murcia and the city of Cartagena. Whereas the city of Murcia concentrated the food and textile industry, Cartagena focused on mining, metallurgical and chemical industry (Gómez Fayrén, 1980; Moreno, 1990; Centro Regional de Estadística de Murcia, 2007). In either case, both cities were poles of their surrounding areas during centuries XVIII and XIX in the production of soda from the combustion of plants like *Halimione glauca*, *Salicornia fruticosa*, *Halogeton sativus*, *Salsola soda* or *Salsola kali* (Carracido, 1892).

In the 70s decade of the century XX, the industrial activity in Cartagena rose sharply (Moreno, 1990; Moreno Clavel et al., 1998). This fact drove to serious problems with atmospheric pollution (Moreno et al., 1977) and it ended in the implementation of an Environmental Restoration Plan and a Management of Industrial Emissions Plan (Moreno-Clavel et al., 1991; Cirera Suárez, 2005). Hence, the local map of the

industrial facilities in the middle of the first decade of the century XXI can be presented as follows:

- a) Natural gas-fired power stations in the industrial pole Valle de Escombreras.
- b) Storage and distribution of natural gas facilities in the industrial pole Valle de Escombreras.
- c) A refinery in the industrial pole Valle de Escombreras.
- d) A vegetal oil production factory in the industrial pole Valle de Escombreras.
- e) A special oil production factory in the industrial pole Valle de Escombreras.
- f) A bioethanol production factory from cereals in the industrial pole Valle de Escombreras.
- g) An acetone and phenol storage facility in the industrial pole Valle de Escombreras.
- h) Asphalt production facilities in the industrial pole Valle de Escombreras.
- i) A factory for the production of bicalcic phosphate in the industrial pole Valle de Escombreras.
- j) A factory for the production of strontium carbonate in the industrial pole Valle de Escombreras.
- k) A facility for the combustion of used oils and a hazardous materials landfill in the industrial pole Valle de Escombreras.
- l) A facility for the recovery and treatment of oils with PCBs in the industrial pole Valle de Escombreras.
- m) A zinc production factory in the industrial pole El Hondón.

n) A petrochemical factory for the production of polycarbonates and compounding in La Aljorra neighborhood.

o) A facility for the production of commercial gases in La Aljorra neighborhood.

p) A military shipyard in the city dock.

With this situation, the work of this thesis is justified as the next facts are present:

a) Dust outbreaks from African deserts affecting the area (Guerzoni et al., 1999; Querol et al., 1999; Rodríguez et al., 2001).

b) Local soil resuspension under defined synoptic charts (Querol et al., 1999; Alastuey et al., 2004).

c) European air masses enriched in secondary sulfates may reach the area (Querol et al., 2000).

d) Intense fotochemical activity, variable upon the concentration of chemical species (Millán et al., 2000; Gangoiti et al., 2001).

e) High relative humidity and marine aerosol contributions compared to other Spanish places (Querol et al., 2006).

f) Failed urban planning (Moreno-Grau et al., 1993; Moreno Clavel et al., 1998).

g) Topographic limitations to winds which result in poor ventilation and worsening of air quality in the city (Gómez Linares, 1989; Moreno-Grau et al., 2000).

All the pollutants which are studied in this thesis are regulated by the European Directive 2004/107/EC and the European Directive 2008/50/EC.

4. MATERIALS AND METHODS

4. Materials and methods

In this thesis, atmospheric pollutants are studied from 15 sampling stations in the Region of Murcia, southeastern Spain. Three of these stations, i.e. Bastarreche, Santa Ana and Mompeán, (Figure 4.2) have gravimetric techniques to assess PM concentrations; whereas the remaining sampling stations have automatic instruments to measure PM. Moreover, SO₂ and NO_x are also studied from automatic measurements in the sampling stations. Most of the sampling stations, including the three with gravimetric techniques for the determination of PM, are placed in the industrial city of Cartagena.

Concerning the gravimetric techniques (DIGITEL DHA-80 and PM1025 MCV) for the determination of PM, the samples are described as presented in Table 4.1.

PM determined with the gravimetric technique, is collected onto filters which experience different treatments to quantify the total mass of airborne particulate matter and the chemical composition of the searched analytes. So the stages of the quantification are (Querol et al., 2006):

a) Gravimetric determination (in accomplishment with UNE-EN 12341:1999 and UNE-EN 14907:2006) with SARTORIOUS LA 130 S-F.

b) Acid digestion and analysis with IRIS Advantage TJA Solutions, THERMO (ICP-AES) and X Series II, THERMO (ICP-MS).

c) Leaching and analysis with ion chromatography, column WATERS IC-pakTM and conductivity detector WATERS 432; Metrohm 761 Compact with column A SUPP 5-100 and detector Suppressed CD; Dionex DX-120 with column Dionex CS12 (10-32) P/N 44001 and detector CDM-3 P/N 050776; and ammonia selective electrode MODEL 710 A+, THERMO Orion.

English Summary

d) Analysis of the carbonaceous fraction with Carbon Elemental Analyzer, a LECO carbon analyzer; and Organic Carbon and Elemental Carbon Analyzer, a Sunset Laboratory OCEC Analyzer (Birch and Cary, 1996).

Finally, some species such as SiO_2 , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} marine and SO_4^{2-} non marine are determined through empirical formulas (Querol et al., 2006; Pey Betrán, 2007).

Table 4.1. Summary of the sampling campaigns and chemical analysis of PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ in the sampling stations of Cartagena (B = Bastarreche, S.A. = Santa Ana, M = Mompeán).

a) PM_{10} .

		PM_{10}			
		gravimetric	digestion	leaching	Carbonaceous analysis
B	Samples	560	98	98	98
	Dates dd-mm-yyyy	01-01-2004 until 25-07-2005	25-02-2004 until 14-03-2005	25-02-2004 until 14-03-2005	25-02-2004 until 14-03-2005
	Frequency	daily	2 per week	2 per week	2 per week
S.A.	Samples	92	92	92	92
	Dates dd-mm-yyyy	16-01-2004 until 02-03-2005	16-01-2004 until 02-03-2005	16-01-2004 until 02-03-2005	16-01-2004 until 02-03-2005
	Frequency	2 per week	2 per week	2 per week	2 per week
M	Samples	1247	86	49	49
	Dates dd-mm-yyyy	26-07-2005 until 31-12-2008	06-11-2006 until 17-10-2007	06-11-2006 until 08-10-2007	06-11-2006 until 08-10-2007
	Frequency	daily	2 per week	weekly	weekly

English Summary

b) PM_{2.5}.

		PM _{2.5}			
		gravimetric	digestion	leaching	Carbonaceous analysis
B	Samples	X	X	X	X
	Dates dd-mm-yyyy	X	X	X	X
	Frequency	X	X	X	X
S.A.	Samples	98	98	98	98
	Dates dd-mm-yyyy	16-01-2004 until 02-03-2005	16-01-2004 until 02-03-2005	16-01-2004 until 02-03-2005	16-01-2004 until 2-03-2005
	Frequency	2 per week	2 per week	2 per week	2 per week
M	Samples	201	95	48	48
	Dates dd-mm-yyyy	01-02-2006 until 31-12-2008	06-11-2006 until 10-10-2007	06-11-2006 until 08-10-2007	06-11-2006 until 08-10-2007
	Frequency	weekly – 2 per week	2 per week	weekly	weekly

In terms of the automatic instruments (TEOM 1400A, TEOM 1400AB and GRIMM 1107 for measurement of PM; TERMO ELECTRÓN 43B and MONITOR EUROPE ML-9850B for measurement of SO₂; and SIR S5012 for measurement of NO_x), the available measurements are summarized in Table 4.2.

The meteorological tools to study the dust outbreaks were supported by the State Meteorological Agency of Spain (AEMET), NOAA; the aerosol maps by BSC-DREAM (Nickovic et al., 2001; Pérez et al., 2006a, 2006b), NAAPS, and SKIRON; the satellite imagery by Sea WIFS NASA Project (McClain et al., 1998) and Modis Rapid Response Team, NASA Goddard Space Flight Center. The methodology to identify a dust outbreak was based in the published European Guidelines (Williams and Bruckmann, 2002; Querol et al., 2010). The methodology for the quantification of the net African

English Summary

dust load was based in previous works (Escudero et al., 2007; Pey Betrán, 2007) and the current guidelines of the Spanish Ministry of Environment and Rural and Marine Affairs (Querol et al., 2010).

The statistical tools employed to work on the data were Statistica 4.2, SPSS 16.0 and EPA PMF3.0. In this way, variables were explored and modeled with factor analysis techniques (Thurston and Spengler, 1985; Norris et al., 2008).

Table 4.2. Description of studied stations and the measured parameters with automatics devices from January 1998 until May 2008.

Station	Location (longitude, latitude and altitude)	Kind	Pollutant: availability (mm/yyyy)
Alcantarilla	01 13'56'' W 37 58'28'' N 80 m.a.s.l. (meters above sea level)	Suburban (slight industry and traffic)	PM ₁₀ , PM _{2.5} : 03/2002-05/2008 PM ₁ : 01/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/2002-05/2008
Alumbres	00 54'50'' W 37 36'11'' N 60 m.a.s.l.	Suburban (heavy industry and slight traffic)	TSP: 01/1998-11/2004 PM ₁₀ : 11/2004-05/2008 PM ₁ : 01/2003-12/2003 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
Lo Campano	00 57'27'' W 37 35'38'' N 10 m.a.s.l.	Suburban (residential, heavy industry, slight traffic)	TSP, SO ₂ : 01/1998-06/2002
San Ginés	00 57'36'' W 37 36'49'' N 10 m.a.s.l.	Urban (residential, heavy industry, very slight traffic)	TSP: 01/1998-10/2004 PM ₁₀ : 11/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
Bastarreche	00 58'28'' W 37 36'14'' N 20 m.a.s.l.	Urban (commercial, heavy industry and congestive traffic)	TSP, NO _x , SO ₂ : 01/1998-02/2005
Mompeán	00 58'34'' W 37 36'06'' N 12 m.a.s.l.	Urban (commercial, heavy industry and moderate traffic)	NO _x , SO ₂ : 07/2005-05/2008 PM ₁₀ : 01/2006-05/2008
Escombreras (relocated June 8, 2007 in a close place)	00 57'43'' W 37 34'05'' N 5 m.a.s.l.	Suburban (heavy industry, slight traffic)	TSP: 01/1998-11/2004 PM ₁₀ : 11/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
La Asomada	00 58'00'' W 37 37'50'' N 30 m.a.s.l.	Rural (slight industry and very slight traffic)	TSP, SO ₂ : 01/1998-12/2001
Santa Ana	01 00'40'' W 37 39'10'' N 15 m.a.s.l.	Suburban (residential, very slight traffic)	TSP, SO ₂ : 01/1998-12/2001

English Summary

La Unión	00 53'22'' W 37 36'56'' N 105 m.a.s.l.	Suburban (residential, slight industry and traffic)	PM ₁₀ , NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
La Aljorra	01 03'59'' W 37 41'41'' N 80 m.a.s.l.	Suburban (residential, slight traffic, industry)	TSP: 01/1998-10/2004 PM ₁₀ : 10/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/1998-05/2008
Lorca	01 42'06'' W 37 41'21'' N 340 m.a.s.l.	Suburban (residential, slight traffic, industry)	TSP: 01/2002-12/2003 PM ₁₀ : 01/2004-05/2008 NO _x , SO ₂ : 01/2002-05/2008
San Basilio	01 08'46'' W 37 59'32'' N 45 m.a.s.l.	Suburban (moderate traffic)	PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁ , NO _x , SO ₂ : 05/2002-05/2008
Torre ciega	00 58'05'' W 37 36'59'' N 20 m.a.s.l.	Urban (heavy industry, moderate traffic)	SO ₂ : 01/2004-05/2008 NO _x : 11/2004-05/2008
Caravaca	01 52'07'' W 38 06'53'' N 669 m.a.s.l.	Rural	PM ₁₀ , NO _x : 11/2007-05/2008

5. RESULTS

5. Results

The correspondence with the Spanish language section of the results is given for the tables and figures of this section. The same order presented in the Spanish section is presented below.

5.1. Manual sampling network of PM in Cartagena

5.1.1. Description of the variables determined in the manual sampling network of PM in Cartagena

Table 5.1. Study of the normal distribution with the Kolmogorov-Smirnov test in all variables in PM_{10} and $PM_{2.5}$. If a variable does not follow the normal distribution (p-value 0.05), the lognormal distribution is checked. a) All concentrations of every variable in PM_{10} from the sampling stations of Bastarreche, Santa Ana and Mompeán are tested together. b) Concentrations of every variable in PM_{10} are tested only in Bastarreche. c) Concentrations of every variable in PM_{10} are tested only in Santa Ana. d) Concentrations of every variable in PM_{10} are tested only in Mompeán. e) All concentrations of every variable in $PM_{2.5}$ from the sampling stations of Santa Ana and Mompeán are tested together. f) Concentrations of every variable in $PM_{2.5}$ are tested only in Santa Ana. g) Concentrations of every variable in $PM_{2.5}$ are tested only in Mompeán.

5.1.2. Spatial and temporal evolution of the variables

Table 5.2. Statistics (N, minimum, maximum, arithmetic mean, standard deviation, asymmetry, standard error of asymmetry, kurtosis, standard error of kurtosis and geometric mean) for all variables in PM_{10} and $PM_{2.5}$ in $\mu g/m^3$. a) All statistics of every variable in PM_{10} from the sampling stations of Bastarreche, Santa Ana and Mompeán are presented together. b) All statistics of every variable in PM_{10} are presented only in Bastarreche. c) All statistics of every variable in PM_{10} are presented only in Santa Ana. d) All statistics of every variable in PM_{10} are presented only in Mompeán. e) All statistics of every variable in $PM_{2.5}$ from the sampling stations of Santa Ana and Mompeán are presented together. f) All statistics of every variable in $PM_{2.5}$ are presented only in Santa Ana. g) All statistics of every variable in $PM_{2.5}$ are presented only in Mompeán.

Table 5.3. Levene's test and significance level of ANOVA for every variable. Factors: year, sampling station, sampling station in every year, and year in every sampling station. The codes for the sampling stations are: 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán, 3 = Santa Ana. "gl" = degrees of freedom and "sig" = significance level. a)

Levene's test, ANOVA and Post Hoc tests for the factor year of all PM₁₀ data. b) Levene's test, ANOVA and Post Hoc tests for the factor sampling station of all PM₁₀ data. c) Levene's test, ANOVA and Post Hoc tests for the factor sampling station in every year in PM₁₀ data. d) Levene's test, ANOVA and Post Hoc tests for the factor year in every sampling station in PM₁₀ data. e) Levene's test, ANOVA and Post Hoc tests for the factor year of all PM_{2.5} data. f) Levene's test and ANOVA for the factor sampling station of all PM_{2.5} data. g) Levene's test, ANOVA and Post Hoc tests for the factor year in every sampling station in PM_{2.5} data.

Figure 5.1. Pie chart of every PM sampling campaign with the chemical composition of every fraction: carbonaceous (OM+EC), mineral, secondary inorganic compounds (SIC), marine aerosol, traces and undermined fraction (Indet.). a) PM₁₀ in Bastarache, 2004-2005. b) PM₁₀ in Santa Ana, 2004-2005. c) PM₁₀ in Mompeán, 2006-2007. d) PM_{2.5} in Santa Ana, 2004-2005. e) PM_{2.5} in Mompeán, 2006-2007.

Figure 5.2. Plot of error bars for the mean (95% confidence level) for every variable in PM₁₀ and PM_{2.5} which has statistical significance (p-value 0.05) with the factors year, sampling station and both of them together. The codes for the sampling stations are: 1 = Bastarache, 2 = Mompeán, 3 = Santa Ana.

5.1.3. Influence of dust outbreaks in the variables

Table 5.4. Statistics (N, minimum, maximum, arithmetic mean, standard deviation, asymmetry, standard error of asymmetry, kurtosis, standard error of kurtosis and geometric mean) of the variables during days with dust outbreaks (code 1) and without dust outbreaks (code 0) for all data in a size (PM₁₀ and PM_{2.5}) and, then, considering sampling stations alone (Bastarache = 1, Mompeán = 2, and Santa Ana = 3); the concentration is expressed as µg/m³. This is repeated for the ratio variable divided by the crustal fraction (it is represented by "inC"). a) All statistics of every variable in PM₁₀ from the sampling stations of Bastarache, Santa Ana and Mompeán are presented together. b) All statistics of every ratio in PM₁₀ from the sampling stations of Bastarache, Santa Ana and Mompeán are presented together. c) All statistics of every variable in PM₁₀ are separately presented for Bastarache, Santa Ana, and Mompeán. d) All statistics of every ratio in PM₁₀ are separately presented for Bastarache, Santa Ana, and Mompeán. e) All statistics of every variable in PM_{2.5} from the sampling stations of Santa Ana and Mompeán are presented together. f) All statistics of every ratio in PM_{2.5} from the sampling stations of Santa Ana and Mompeán are presented together. g) All statistics of every variable in PM_{2.5} are separately presented for Santa Ana and Mompeán. h) All statistics of every ratio in PM_{2.5} are separately presented for Santa Ana, and Mompeán.

Table 5.5. Significance level of the Kruskal-Wallis test for every variable and for the ratio variable divided by the crustal fraction (it is represented by "inC") in days with dust outbreak and without dust outbreak in PM₁₀ and PM_{2.5}. The significance levels (Sig.) in bold types are below 0.05. The codes for the sampling stations are: 1 = Bastarache, 2 = Mompeán, 3 = Santa Ana. "gl" = degrees of freedom. a) PM₁₀. b) PM_{2.5}.

Figure 5.3. Diagram about the ideal behavior of a species “i” during dust outbreaks, where “ X_i ” is the ambient air concentration of the i species in PM_{10} and “C” is the ambient air concentration of the crustal fraction in PM_{10} . a) Species “i” whose concentration X_i increases during dust outbreaks (left: without dust outbreak, right: with dust outbreak). b) Species “i” whose concentration X_i does not increase during dust outbreaks (left: without dust outbreak, right: with dust outbreak).

5.1.3.1. Influence of the wind in those variables with statistical significance in days with and without dust outbreak

Table 5.6. Statistics (N, minimum, maximum, arithmetic mean, standard deviation, asymmetry, standard error of asymmetry, kurtosis, standard error of kurtosis and geometric mean) of the variables and ratio variable divided by the crustal fraction in PM_{10} and $PM_{2.5}$ considering the factor wind direction for those variables and ratios with significance level in days with and without dust outbreak. The codes for the proposed wind directions are: 1 = “north” (325-25°), 2 = “south” (145-215°), 3 = “rest” (the rest of directions), and 4 = “equal” (when there is no a major wind direction). The concentration is expressed as $\mu g/m^3$. a) All statistics of every variable in PM_{10} from the sampling stations of Bastarreche, Santa Ana and Mompeán are presented together. b) All statistics of every ratio in PM_{10} from the sampling stations of Bastarreche, Santa Ana and Mompeán are presented together. c) All statistics of every variable in PM_{10} are separately presented for Bastarreche, Santa Ana, and Mompeán (Bastarreche = 1, Mompeán = 2, and Santa Ana = 3). d) All statistics of every ratio in PM_{10} are separately presented for Bastarreche, Santa Ana, and Mompeán. e) All statistics of every variable in $PM_{2.5}$ from the sampling stations of Santa Ana and Mompeán are presented together. f) All statistics of every ratio in $PM_{2.5}$ from the sampling stations of Santa Ana and Mompeán are presented together. g) All statistics of every variable in $PM_{2.5}$ are separately presented for Santa Ana and Mompeán. h) All statistics of every ratio in $PM_{2.5}$ are separately presented for Santa Ana, and Mompeán.

Table 5.7. Significance level of the Kruskal-Wallis test for every variable and for the ratio variable divided by the crustal fraction (it is represented by “inC”) in days with and without dust outbreak in PM_{10} and $PM_{2.5}$ considering the factor wind direction for those variables and ratios with significance level in days with and without dust outbreak. The codes for the proposed wind directions are: 1 = “north” (325-25°), 2 = “south” (145-215°), 3 = “rest” (the rest of directions), and 4 = “equal” (when there is not a major wind direction). The significance levels (Sig.) in bold types are below 0.05. “gl” = degrees of freedom. From left to right: significance level for all stations together and, then, they are separated by the factor sampling station (the codes for the sampling station are: 1 = Bastarreche, 2 = Mompeán, 3 = Santa Ana). a) PM_{10} . b) $PM_{2.5}$.

5.1.4. Accomplishment with legal limits

Table 5.8. Annual average concentration of PM_{10} in $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ (A) and number of days exceeding the daily limit (D) to accomplish since 2005. Values in bold types are above the legal limit. Blanks mean no availability of data. Concentrations of PM_{10} are rounded to the nearest whole number.

Table 5.9. Sum of the number of days exceeding the daily limit of PM_{10} (i.e. above $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ since 2005) distributed per months in the sampling stations of the Region of Murcia.

Table 5.10. Averaged number of days exceeding the daily limit of PM_{10} (i.e. above $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ since 2005) distributed per months in the sampling stations of the Region of Murcia.

5.2. Automatic measurements

Table 5.11. Averaged levels of pollutants in every station of the Region of Murcia: every year and during all years. Blanks mean no availability of data. Values are rounded to the nearest whole number.

5.2.1. Annual trends

Figure 5.4. Annual trend of levels of TSP in rural and suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.5. Annual trend of levels of TSP in suburban with heavy industry influence and urban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.6. Annual trend of levels of PM_{10} in rural and suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.7. Annual trend of levels of PM_{10} in urban and heavy industrialized suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.8. Annual trend of levels of $\text{PM}_{2.5}$ at Alcantarilla and San Basilio.

Figure 5.9. Annual trend of levels of PM_1 at Alcantarilla and San Basilio and concentration at Alumbres in 2003.

Figure 5.10. Annual trend of levels of SO_2 in rural and suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.11. Annual trend of levels of SO_2 in urban and heavy industrialized suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.12. Annual trend of levels of NO_x in rural and suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.13. Annual trend of levels of NO_x in urban and heavy industrialized suburban stations of the Region of Murcia.

5.2.2. Seasonal trends

Table 5.12. Mean monthly and annual levels of TSP in the sampling stations of the Region of Murcia.

Table 5.13. Mean monthly and annual levels of PM_{10} in the sampling stations of the Region of Murcia.

Table 5.14. Mean monthly and annual levels of $\text{PM}_{2.5}$ in the sampling stations of the Region of Murcia.

Table 5.15. Mean monthly and annual levels of PM_1 in the sampling stations of the Region of Murcia.

Table 5.16. Mean monthly and annual levels of SO_2 in the sampling stations of the Region of Murcia.

Table 5.17. Mean monthly and annual levels of NO_x in the sampling stations of the Region of Murcia.

Figure 5.14. Mean monthly values of rainfall (mm) in the city of Cartagena during the period January 1998 until May 2008. Rainfall in every month was averaged with those cumulative monthly values in every year from January 1998 until May 2008

Figure 5.15. Seasonal trend of levels of TSP in the sampling stations of the Region of Murcia.

Figure 5.16. Seasonal trend of levels of PM_{10} in rural and suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.17. Seasonal trend of levels of PM_{10} in urban and heavy industrialized suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.18. Mean monthly levels of TSP in the sampling stations of the Region of Murcia and cumulative monthly rainfall in Cartagena.

Figure 5.19. Mean monthly levels of PM_{10} in rural and suburban stations of the Region of Murcia and cumulative monthly rainfall in Cartagena.

Figure 5.20. Mean monthly levels of PM_{10} in urban and heavy industrialized suburban stations of the Region of Murcia and cumulative monthly rainfall in Cartagena.

Figure 5.21. Seasonal trend of levels of SO_2 in rural and suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.22. Seasonal trend of levels of SO_2 in urban and heavy industrialized suburban stations of the Region of Murcia.

Figure 5.23. Seasonal trend of levels of NO_x in the sampling stations of the Region of Murcia.

Figure 5.24. Mean monthly levels of NO_x in urban and heavy industrialized suburban stations of the Region of Murcia and cumulative monthly rainfall in Cartagena.

Figure 5.25. Mean monthly levels of NO_x in rural and suburban stations of the Region of Murcia and cumulative monthly rainfall in Cartagena.

5.2.3. Accomplishment with legal limits of PM_{10}

Table 5.18. Annual average levels of PM_{10} in $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ (A) and number of days exceeding the daily limit (D). Values in bold types are above the legal limit to accomplish since 2005.

Table 5.19. Sum of the number of days exceeding the daily limit of PM_{10} (i.e. above $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ since 2005) distributed per months in the sampling stations of the Region of Murcia.

Table 5.20. Averaged number of days exceeding the daily limit of PM_{10} (i.e. above $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ since 2005) distributed per months in the sampling stations of the Region of Murcia.

5.3. Comparison between PM_{10} measurements with the gravimetric technique and the automatic instrument

Figure 5.26. Daily PM_{10} levels from an automatic equipment (TEOM) and a gravimetric one (DIGITEL) in Mompeán a) 2006. b) 2007. c) First five months in 2008.

Figure 5.27. Correlation of daily PM_{10} levels between an automatic equipment (TEOM) and a gravimetric one (DIGITEL) in Mompeán. Equations of the trend lines are given at the bottom corners. a) From January 16, 2006 until February 8, 2006 and from October 4, 2006 until December 31, 2006. b) From August 22, 2006 until October 3, 2006. c) From January 1, 2007 until May 31, 2008.

5.4. Dust outbreak scenarios influencing PM levels

5.4.1. Origin of air masses

Concerning the information given below for the next tables and figures, the origins of air masses correspond to “AN” Northern Atlantic, “ANW” Northwestern Atlantic, “AW” Western Atlantic, “ASW” Southwestern Atlantic, “NAF” Northern African,

“ME” Mediterranean, “EU” European, and “RE” Regional. In terms of the averaged number of days, the value of every month is averaged from those values of the same month in all years, and the total value is calculated as the sum of the monthly values.

Table 5.21. Number of days in the Region of Murcia according to their origin and distributed per months and total sum during the studied period from January 1998 until May 2008.

Table 5.22. Averaged number of days in the Region of Murcia per months, total sum and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 1998 until May 2008.

Table 5.23. Sum of the number of days per month with rainfall in Cartagena and total according to their origin and distributed during the studied period from January 1998 until May 2008.

Table 5.24. Averaged number of days per month with rainfall in Cartagena, total sum and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 1998 until May 2008.

Table 5.25. Sum of the amount of rainfall (10 x mm) per month in Cartagena and total according to their origin and distributed during the studied period from January 1998 until May 2008.

Table 5.26. Averaged amount of rainfall (10 x mm) per month in Cartagena, total sum and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 1998 until May 2008. Values are rounded to the nearest whole number.

Table 5.27. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in Alcantarilla classified according to air masses origin. There were available data in Alcantarilla from March 2002 until May 2008.

Table 5.28. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in Alumbres classified according to air masses origin. There were available data in Alumbres from November 2004 until May 2008.

Table 5.29. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in San Ginés classified according to air masses origin. There were available data in San Ginés from November 2004 until May 2008.

Table 5.30. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in Mompeán classified according to air masses origin. There were available data in Mompeán from January 2006 until May 2008.

Table 5.31. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in Escombreras classified according to air masses origin. There were available data in Escombreras from November 2004 until May 2008.

Table 5.32. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in La Unión classified according to air masses origin. There were available data in La Unión from January 1998 until May 2008.

Table 5.33. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in La Aljorra classified according to air masses origin. There were available data in La Aljorra from October 2004 until May 2008.

Table 5.34. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in Lorca classified according to air masses origin. There were available data in Lorca from January 2004 until May 2008.

Table 5.35. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in San Basilio classified according to air masses origin. There were available data in San Basilio from May 2002 until May 2008.

Table 5.36. Mean monthly concentration of PM_{10} , mean concentration of PM_{10} in days above the $50 \mu gPM_{10}/m^3$ and mean annual number of days above $50 \mu gPM_{10}/m^3$ in Caravaca classified according to air masses origin. There were available data in Caravaca from November 2007 until May 2008.

5.4.2. Atmospheric scenarios with associated dust outbreak from Africa affecting southeastern Iberian Peninsula

Figure 5.28. Air mass back-trajectories at 750 meters above sea level (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia on April 3, 2005. They cross most of the origin sectors and this is an example of an event when defining the origin requires more support (source: Air Resources Laboratory, NOAA).

Figure 5.29. a) Air mass back-trajectories at 750 m.a.s.l. (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia on December 24, 2005 with a NAF origin. No dust was observed that day over the Region of Murcia (source: Air Resources Laboratory, NOAA). b) The NAAPs map does not show any contribution of dust over the area (source: NRL).

5.4.2.1. Synoptic charts

Concerning the information given below for the next tables and figures, the number of scenarios is rounded to the nearest tenth and the percentage to the nearest unit. In terms of the averaged number of scenarios, the value of every month is averaged from

those values of the same month in all years, and the total value is calculated as the sum of the monthly values.

Table 5.37. Averaged number of days under the Type A scenario in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.38. Averaged number of Type A scenarios in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their length in days and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.39. Averaged number of days under the Type B scenario in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.40. Averaged number of Type B scenarios in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their length in days and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.41. Averaged number of days under the Type C scenario in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.42. Averaged number of Type C scenarios in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their length in days and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.43. Averaged number of days under the Type D scenario in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.44. Averaged number of Type D scenarios in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their length in days and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.45. Averaged number of days under Type E scenario in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their origin and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.46. Averaged number of Type E scenarios in the Region of Murcia per months, annual and percentage according to their length in days and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.47. Number of days with dust outbreak in the Region of Murcia according to the type of scenario (Type A, B, C, D and E) and distributed per months and total sum from January 2004 until May 2008.

Table 5.48. Averaged number of days with dust outbreak in the Region of Murcia according to the type of scenario (Type A, B, C, D and E) and distributed per months and total sum from January 2004 until May 2008.

Table 5.49. a) Dates of scenarios and their episodes in 2004. b) Dates of scenarios and their episodes in 2005. c) Dates of scenarios and their episodes in 2006. d) Dates of scenarios and their episodes in 2007. e) Dates of scenarios and their episodes in the first

five months of 2008. X means the continuation of the upper code or number. The date is given as month/day/year (MM/DD/YYYY).

Table 5.50. Averaged number of days with wet deposition in Cartagena per months, annual and percentage according to their type of scenario (Type A, B, C, D and E) and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Table 5.51. Averaged amount of rainfall (mm) in days with wet deposition in Cartagena per months, annual and percentage according to their type of scenario and distributed during the studied period from January 2004 until May 2008.

Figure 5.30. Dust outbreak on December 31, 2006. a) Meteorological conditions at mean sea level pressure (source: Air Resources Laboratory, NOAA). b) Meteorological conditions at 700 hPa (source: Air Resources Laboratory, NOAA). c) Air mass back-trajectories at 750 m.a.s.l. (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia (source: Air Resources Laboratory, NOAA). d) NAAPs map of the optical depth (source: NRL). e) NAAPs map of the aerosol concentration at surface level (source: NRL). f) BSC-DREAM map of aerosol concentration at surface level.

Figure 5.31. Dust outbreak on March 19, 2005. a) Meteorological conditions at mean sea level pressure (source: Air Resources Laboratory, NOAA). b) Meteorological conditions at 700 hPa (source: Air Resources Laboratory, NOAA). c) Air mass back-trajectories at 750 m.a.s.l. (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia (source: Air Resources Laboratory, NOAA). d) NAAPs map of the optical depth (source: NRL) e) NAAPs map of the aerosol concentration at surface level (source: NRL).

Figure 5.32. Dust outbreak on April 15, 2004. a) Meteorological conditions at mean sea level pressure (source: Air Resources Laboratory, NOAA). b) Meteorological conditions at 700 hPa (source: Air Resources Laboratory, NOAA). c) Air mass back-trajectories at 750 m.a.s.l. (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia (source: Air Resources Laboratory, NOAA). d) BSC-DREAM map of dust loading. e) BSC-DREAM map of aerosol concentration at surface level.

Figure 5.33. Dust outbreak on May 18, 2006. a) Meteorological conditions at mean sea level pressure (source: Air Resources Laboratory, NOAA). b) Meteorological conditions at 700 hPa (source: Air Resources Laboratory, NOAA). c) Air mass back-trajectories at 750 m.a.s.l. (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia (source: Air Resources Laboratory, NOAA). d) BSC-DREAM map of dust loading. e) BSC-DREAM map of aerosol concentration at surface level.

Figure 5.34. Air mass back-trajectories at 750 (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia on May 2, 2005. Back-trajectories show some loops during a wet deposition event under the Type D scenario (source: Air Resources Laboratory, NOAA).

Figure 5.35. Dust outbreak on October 11, 2006. a) Meteorological conditions at mean sea level pressure (source: Air Resources Laboratory, NOAA). b) Meteorological conditions at 700 hPa (source: Air Resources Laboratory, NOAA). c) Air mass back-trajectories at 750 m.a.s.l. (red), 1500 m.a.s.l. (blue) and 2500 m.a.s.l. (green) for the Region of Murcia (source: Air Resources Laboratory, NOAA). d) NAAPs map of the optical depth (source: NRL). e) NAAPs map of the aerosol concentration at surface level (source: NRL).

5.4.2.2. Atmospheric scenarios with associated dust outbreak and PM₁₀ in Cartagena

5.4.2.2.1. PM₁₀ with the gravimetric technique in Bastarreche, Santa Ana and Mompeán

Table 5.52. Mean monthly concentration of PM₁₀, mean concentration of PM₁₀ in days above the 50 µgPM₁₀/m³, mean annual number of days above 50 µgPM₁₀/m³ and percentage of the mean number of days above 50 µgPM₁₀/m³ in respect to the mean number of days per scenario in Bastarreche classified according to the type of scenario (Type A, B, C, D and E). There were available data with the gravimetric technique in Bastarreche from January 2004 until July 2005.

Table 5.53. Mean monthly concentration of PM₁₀, mean concentration of PM₁₀ in days above the 50 µgPM₁₀/m³, mean annual number of days above 50 µgPM₁₀/m³ and percentage of the mean number of days above 50 µgPM₁₀/m³ in respect to the mean number of days per scenario in Santa Ana classified according to the type of scenario (Type A, B, C, D and E). There were available data with the gravimetric technique in Santa Ana from January 2004 until March 2005.

Table 5.54. Mean monthly concentration of PM₁₀, mean concentration of PM₁₀ in days above the 50 µgPM₁₀/m³, mean annual number of days above 50 µgPM₁₀/m³ and percentage of the mean number of days above 50 µgPM₁₀/m³ in respect to the mean number of days per scenario in Mompeán classified according to the type of scenario (Type A, B, C, D and E). There were available data with the gravimetric technique in Mompeán from July 2005 until May 2008.

5.4.2.2.2. PM₁₀ with the automatic instrument in Mompeán

Table 5.55. Mean monthly concentration of PM₁₀, mean concentration of PM₁₀ in days above the 50 µgPM₁₀/m³, mean annual number of days above 50 µgPM₁₀/m³ and percentage of the mean number of days above 50 µgPM₁₀/m³ in respect to the mean number of days per scenario in Mompeán classified according to the type of scenario (Type A, B, C, D and E). There were available data with the automatic instrument in Mompeán from July 2005 until May 2008.

5.4.3. Estimation of the net African dust load in PM₁₀

Table 5.56. Effect of the dust outbreak in the accomplishment with the legal limits of PM₁₀ in Bastarreche (B), Santa Ana (S.A.) and Mompeán (M) per year and the whole period where data are available for every sampling station between January 1, 2004 and May 31, 2008. Values above the legal limits (with and without estimation of the net

African dust load) are marked in bold types. a) Mean concentrations per year; 2008 is only studied until May 31 (Mean; Mean without net African dust load; Mean - Mean without net African dust load; Mean without days with dust outbreak; and Mean - Mean without days with dust outbreak). b) Number of days per year; 2008 is only studied until May 31 (Number of days $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$; Number of days with dust outbreak; Number of days with dust outbreak and, simultaneously, $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$; Number of days with dust outbreak and, simultaneously, $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ after subtracting the net African dust load; Number of days $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ without dust outbreak; and Number of days $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ without dust outbreak and, simultaneously, $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ after subtracting the net African dust load). c) Concentrations for every sampling station during the whole period with available data. (A) From January 1, 2004 until July 25, 2005. (B) From January 16, 2004 until March 2, 2005. (C) July 27, 2005 until March 31, 2008. (Mean; Mean without net African dust load; Mean - Mean without net African dust load; Mean without days with dust outbreak; and Mean - Mean without days with dust outbreak). d) Number of days for every sampling station during the whole period with available data. (A) From January 1, 2004 until July 25, 2005. (B) From January 16, 2004 until March 2, 2005. (C) July 27, 2005 until March 31, 2008. (Number of days $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$; Number of days with dust outbreak; Number of days with dust outbreak and, simultaneously, $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$; Number of days with dust outbreak and, simultaneously, $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ after subtracting the net African dust load; Number of days $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ without dust outbreak; and Number of days $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ without dust outbreak and, simultaneously, $PM_{10} > 50 \mu gPM_{10}/m^3$ after subtracting the net African dust load).

Table 5.57. Classification of the number of days with dust outbreak in Cartagena and percentage in respect to the 562 days with dust outbreak in Cartagena. a) Considering the regional background stations of the districts Southeast (Níjar and Víznar) and Levante (Zarra). Values are given for those days when the dust outbreak is simultaneous with each of the three regional background stations and the final regional background station which is considered. b) Considering any failure in the procedure. Downwards: the use of the monthly moving 30th percentile of the sampling station in Cartagena (no regional background stations); the dust outbreak is only detected in Cartagena (no regional background stations); there is a dust outbreak affecting Níjar, Víznar and Zarra but it is not affecting Cartagena; and after subtracting the net African dust load, the concentration is below $10 \mu gPM_{10}/m^3$.

5.5. Source apportionment to the ambient air levels of PM_{10} and $PM_{2.5}$

5.5.1. Principal Component Analysis with Multiple Linear Regression (PCA-MLR)

Table 5.58. Results of the PCA for PM_{10} at Bastarreche. Components with factor loadings between 0.25 and -0.25 are excluded and those ones with factor loadings > 0.50 are in bold types. % Var.: percentage of variance explained by each factor. F1 Mineral; F2 Traffic; F3 Secondary; F4 The local zinc metallurgical industry; F5 Marine; and F6 Shipyard.

Table 5.59. Percentage contribution from each identified factor to the chemical species analyzed in PM₁₀ at Bastarreche, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Secondary, The local zinc metallurgical industry, Marine and Shipyard; % Det. = total percentage determined.

Table 5.60. Results of the PCA for PM₁₀ at Santa Ana. Components with factor loadings between 0.25 and -0.25 are excluded and those ones with factor loadings > 0.50 are in bold types. % Var.: percentage of variance explained by each factor. F1 Mineral; F2 Secondary; F3 Marine; F4 Industrial from Cartagena; and F5 Traffic.

Table 5.61. Percentage contribution from each identified factor to the chemical species analyzed in PM₁₀ at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Secondary, Marine, Industrial from Cartagena, and Traffic; % Det. = total percentage determined.

Table 5.62. Results of the PCA for PM_{2.5} at Santa Ana. Components with factor loadings between 0.25 and -0.25 are excluded and those ones with factor loadings > 0.50 are in bold types. % Var.: percentage of variance explained by each factor. F1 Mineral; F2 Traffic; F3 Industrial from Cartagena; F4 Marine; and F5 The local zinc metallurgical industry.

Table 5.63. Percentage contribution from each identified factor to the chemical species analyzed in PM_{2.5} at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Industrial from Cartagena, Marine, and The local zinc metallurgical industry; % Det. = total percentage determined.

Figure 5.36. Source contribution analysis (PCA-MLR) to the levels of PM₁₀ at Bastarreche, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Secondary, The local zinc metallurgical industry, Marine, and Shipyard; Indet. = undetermined.

Figure 5.37. Correlation between PM₁₀ gravimetric values and PM₁₀ values predicted by the PCA-MLR at Bastarreche, 2004-2005.

Figure 5.38. Temporal contribution to PM₁₀ by the sources predicted by the PCA-MLR at Bastarreche, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Secondary, The local zinc metallurgical industry, Marine, and Shipyard.

Figure 5.39. a) Daily concentration of PM₁₀ at Bastarreche (BPM₁₀) and Santa Ana (SPM₁₀), and daily concentration of PM_{2.5} at Santa Ana obtained with the gravimetric technique. Concentration is given in the y axis as µgPM/m³; the continuous black line indicates the daily limit value (50 µgPM₁₀/m³). b) Daily concentration of PM₁₀ (µgPM₁₀/m³), PM_{2.5} (µgPM_{2.5}/m³) and ratio PM_{2.5}/PM₁₀ at Mompeán from November 6, 2006 until October 17, 2007. The ratio is multiplied by 15 to show it more clearly. A cross marks dates when there was a dust outbreak and a bar from the cross to the PM₁₀ concentration displays the difference to the daily limit value (i.e. 50 µgPM₁₀/m³). If the bar is green, there was not exceeding of the threshold; if it is red, there was.

Figure 5.40. Temporal contribution in PM₁₀ to Ca, Mg, SO₄²⁻, Zn, V and Pb by the sources predicted by the PCA-MLR at Bastarreche, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Secondary, The local zinc metallurgical industry, Marine, and Shipyard.

Figure 5.41. Source contribution analysis (PCA-MLR) to the levels of PM₁₀ at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Secondary, Marine, Industrial from Cartagena, and Traffic; Indet. = undetermined.

Figure 5.42. Correlation between PM_{10} gravimetric values and PM_{10} values predicted by the PCA-MLR at Santa Ana, 2004-2005.

Figure 5.43. Temporal contribution to PM_{10} by the sources predicted by the PCA-MLR at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Secondary, Marine, Industrial from Cartagena, and Traffic.

Figure 5.44. Temporal contribution in PM_{10} to Ca , SO_4^{2-} , NO_3^- , V , Sr , and Pb by the sources predicted by the PCA-MLR at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Secondary, Marine, Industrial from Cartagena, and Traffic.

Figure 5.45. Source contribution analysis (PCA-MLR) to the levels of $PM_{2.5}$ at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Industrial from Cartagena, Marine, and The local zinc metallurgical industry; Indet. = undetermined.

Figure 5.46. Correlation between $PM_{2.5}$ gravimetric values and $PM_{2.5}$ values predicted by the PCA-MLR at Santa Ana, 2004-2005.

Figure 5.47. Temporal contribution to $PM_{2.5}$ by the sources predicted by the PCA-MLR at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Industrial from Cartagena, Marine, and The local zinc metallurgical industry.

Figure 5.48. Temporal contribution in $PM_{2.5}$ to Ca , K , NO_3^- , Ni , Sb and Pb by the sources predicted by the PCA-MLR at Santa Ana, 2004-2005. Sources: Mineral, Traffic, Industrial from Cartagena, Marine, and The local zinc metallurgical industry.

5.5.2. Positive Matrix Factorization (PMF)

Table 5.64. Factors' contributions as provided by EPA PMF3.0 (% of species total) Percentages are rounded to the nearest tenth. a) PM_{10} at Bastarache from February 25, 2004 until March 14, 2005 on a basis of two samples per week. The associations suggested for factors (F) are: F1 Marine; F2 Local zinc metallurgical industry; F3 Secondary SO_4^{2-} ; F4 Refinery; F5 African dust outbreaks and other mineral contributions; F6 Secondary NO_3^- ; F7 Power station and local influence; and F8 Traffic. b) PM_{10} at Santa Ana from January 16, 2004 until March 2, 2005 on a basis of two samples per week. The associations suggested for factors (F) are: F1 Power station and local influence; F2 Local zinc metallurgical industry; F3 Refinery; F4 Marine; F5 Secondary SO_4^{2-} ; F6 African dust outbreaks and other mineral contributions; F7 Secondary NO_3^- ; and F8 Traffic. c) PM_{10} at Mompeán from November 6, 2006 until October 17, 2007 on a basis of two samples per week. The associations suggested for factors (F) are: F1 Secondary NO_3^- ; F2 Power station and local influence; F3 African dust outbreaks and other mineral contributions; F4 Marine; F5 Local zinc metallurgical industry; F6 Traffic; F7 Secondary SO_4^{2-} ; and F8 Refinery. d) $PM_{2.5}$ at Santa Ana from January 16, 2004 until March 2, 2005 on a basis of two samples per week. The associations suggested for factors (F) are: F1 Influence from construction; F2 Local zinc metallurgical industry; F3 Refinery; F4 Secondary SO_4^{2-} and $NaCl$; F5 African dust outbreaks and other mineral contributions; F6 Secondary NO_3^- ; F7 Traffic; and F8 Marine. e) $PM_{2.5}$ at Mompeán from November 6, 2006 until October 10, 2007 on a basis of two samples per week. The associations suggested for factors (F) are: F1 Secondary

SO_4^{2-} ; F2 Power station and local influence; F3 Local zinc metallurgical industry; F4 African dust outbreaks and other mineral contributions; F5 Secondary NO_3^- ; F6 Traffic; F7 Refinery; and F8 Marine.

Figure 5.49. Pie chart (mass and percentages) of factors' contribution to PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ by EPA PMF3.0. a) PM_{10} at Bastarreche, 2004-2005. The associations suggested for factors (F) are: F1 Marine; F2 Local zinc metallurgical industry; F3 Secondary SO_4^{2-} ; F4 Refinery; F5 African dust outbreaks and other mineral contributions; F6 Secondary NO_3^- ; F7 Power station and local influence; and F8 Traffic. b) PM_{10} at Santa Ana, 2004-2005. The associations suggested for factors (F) are: F1 Power station and local influence; F2 Local zinc metallurgical industry; F3 Refinery; F4 Marine; F5 Secondary SO_4^{2-} ; F6 African dust outbreaks and other mineral contributions; F7 Secondary NO_3^- ; and F8 Traffic. c) PM_{10} at Mompeán, 2006-2007. The associations suggested for factors (F) are: F1 Secondary NO_3^- ; F2 Power station and local influence; F3 African dust outbreaks and other mineral contributions; F4 Marine; F5 Local zinc metallurgical industry; F6 Traffic; F7 Secondary SO_4^{2-} ; and F8 Refinery. d) $\text{PM}_{2.5}$ at Santa Ana, 2004-2005. The associations suggested for factors (F) are: F1 Influence from construction; F2 Local zinc metallurgical industry; F3 Refinery; F4 Secondary SO_4^{2-} and NaCl; F5 African dust outbreaks and other mineral contributions; F6 Secondary NO_3^- ; F7 Traffic; and F8 Marine. e) $\text{PM}_{2.5}$ at Mompeán, 2006-2007. The associations suggested for factors (F) are: F1 Secondary SO_4^{2-} ; F2 Power station and local influence; F3 Local zinc metallurgical industry; F4 African dust outbreaks and other mineral contributions; F5 Secondary NO_3^- ; F6 Traffic; F7 Refinery; and F8 Marine.

Figure 5.50. Graphs for the factor "Marine" as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Seasonal contributions of the "Marine" factor of PM_{10} at Bastarreche; the peak in summer-spring was also observed in the rest of stations and aerosol sizes. b) Factor profile of PM_{10} at Bastarreche during the sampling campaign 2004-2005. c) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. e) Factor profile of $\text{PM}_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. f) Factor profile of $\text{PM}_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007.

Figure 5.51. Graphs for the factor "African dust outbreaks and other mineral contributions" as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Seasonal contributions of the "African dust outbreaks" factor of PM_{10} at Santa Ana; the decrease in winter was mostly repeated in the rest of stations and aerosol sizes. b) Factor profile of PM_{10} at Bastarreche during the sampling campaign 2004-2005. c) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. e) Factor profile of $\text{PM}_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. f) Factor profile of $\text{PM}_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007.

Figure 5.52. Graphs for the factor "Traffic" as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Weekday/weekend contributions of the "Traffic" factor of PM_{10} at Bastarreche; the decrease during weekends was repeated in the rest of stations and aerosol sizes. b) Seasonal contributions of the "Traffic" factor of PM_{10} at Bastarreche; the decrease in spring-summer was mostly repeated in the rest of stations and aerosol sizes except in fine and coarse fractions at Santa Ana, this could be explained by the

traffic caused by construction work around the station during the sampling period. c) Factor profile of PM_{10} at Bastarreche during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. e) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. f) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. g) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007.

Figure 5.53. Graphs for the factor “Local zinc metallurgical industry” as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Weekday/weekend contributions of the “Local zinc metallurgical industry” factor of PM_{10} at Bastarreche; the decrease during weekends was repeated in the rest of stations and aerosol sizes. b) Factor profile of PM_{10} at Bastarreche during the sampling campaign 2004-2005. c) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. e) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. f) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007.

Figure 5.54. Graphs for the factor “Refinery” as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Weekday/weekend contributions of the “Refinery” factor of PM_{10} at Santa Ana; the decrease during weekends was repeated in the rest of stations and aerosol sizes. b) Seasonal contributions of the “Refinery” factor of PM_{10} at Santa Ana; the decrease in winter was mostly repeated in the rest of stations and aerosol sizes (this could be explained by a less volatilization of organic compounds from the chemical facility during this season). c) Factor profile of PM_{10} at Bastarreche during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. e) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. f) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. g) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007.

Figure 5.55. Graphs for the factor “Power station and local influence” as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Seasonal contributions of the “Power station and local influence” factor of PM_{10} at Bastarreche; the decrease during summer-spring was mostly repeated in the rest of stations and aerosol sizes. b) Factor profile of PM_{10} at Bastarreche during the sampling campaign 2004-2005. c) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. e) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. This factor did not appear in the fine fraction of Santa Ana; however, the “Construction” factor was described in that fraction and station.

Figure 5.56. Graphs for the factor “Secondary SO_4^{2-} ” as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Seasonal contributions of the “Secondary SO_4^{2-} ” factor of $PM_{2.5}$ at Mompeán; the maximum in summer-spring was repeated in the rest of stations and aerosol sizes. b) Factor profile of PM_{10} at Bastarreche during the sampling campaign 2004-2005. c) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. e) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. f) Factor profile of $PM_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007.

Figure 5.57. Graphs for the factor “Secondary NO_3^- ” as provided by the EPA PMF3.0 software. a) Seasonal contributions of the “Secondary NO_3^- ” factor of $\text{PM}_{2.5}$ at Mompeán; the minimum in summer-spring was repeated in the rest of stations and aerosol sizes. b) Factor profile of PM_{10} at Bastarache during the sampling campaign 2004-2005. c) Factor profile of PM_{10} at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. d) Factor profile of PM_{10} at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007. e) Factor profile of $\text{PM}_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005. f) Factor profile of $\text{PM}_{2.5}$ at Mompeán during the sampling campaign 2006-2007.

Figure 5.58. Graphs for the factor “Construction” as provided by the EPA PMF3.0 software a) Weekday/weekend contributions of the “Construction” factor of $\text{PM}_{2.5}$ at Santa Ana. b) Seasonal contributions of the “Construction” factor of $\text{PM}_{2.5}$ at Santa Ana. c) Factor profile of $\text{PM}_{2.5}$ at Santa Ana during the sampling campaign 2004-2005.

6. DISCUSSION

6. Discussion

The normal distribution has been checked for all the chemical variables with the Kolmogorov-Smirnov test. When a variable has not shown a behavior according to the Gaussian distribution, the lognormal distribution has been checked. This task has been performed for all concentrations of a variable in PM_{10} and $PM_{2.5}$ from all the sampling stations at the same time and differentiating the concentrations by sampling station. Considering the p-value 0.05 and Table 5.1, there are variables that accomplish with any distribution pattern after having applied these tests, the reader can see that some variables have normal or lognormal distribution depending on the size of PM, the sampling station type (i.e. traffic-oriented, suburban and urban kinds) or both factors simultaneously. There is a noticeable point is the case of those variables which are normal when they are studied in every sampling station, but they lose the normal distribution pattern when the concentrations of these variables are mixed with data from all sampling stations.

In regard to this, the decision made has been not to transform the variables into logarithmic ones. To support this, the following reasons are supplied:

a) The statistical tests utilized are robust enough even without the normal distribution of the variables (Pagano, 2006).

b) The Positive Matrix Factorization software, EPA PMF3.0 (which has been used in this doctoral thesis), requires the user to enter the variables without any transformation (Norris et al., 2008).

c) To keep a common criteria when studying the variables. In this way, when variables are distinguished by factors, the understanding of the system is made easier (Artiñano et al., 2001).

The spatial and temporal variability of the levels of the variables is also revised in Table 5.2, and the found statistical significance when studying the influence of the spatial and temporal variability is presented in Table 5.3. Moreover, the chemical fractions described in section “4. Material and methods” are compared to the total weighted mass of PM (Figure 5.1) following the methodology described by Querol et al. (2005a, 2006). The undetermined fraction is slightly higher to the levels determined elsewhere (Viana et al., 2005; Alastuey et al., 2006). The location of the sampling stations in a coastal city might be related to this. In fact, the sampling station Mompeán is exposed to the direct impact of the marine breeze. In reference to this fact, the averaged relative humidity during the period 1992-1996 in Cartagena is 75.2% (Guillén Pérez et al., 1999). Known the hygroscopicity of SIC and marine aerosol (Seinfeld and Pandis, 1998; Ansari and Pandis, 2000; Ebert et al., 2002), water could be playing a main role in this situation as water is not chemically analyzed.

The reduction of levels (Table 5.2 and Figure 5.2) after moving the sampling station from a traffic oriented station (Bastarreche) to a urban type station (Mompeán) is easily exemplified by the reduction of both the mass of PM_{10} (from $39 \mu gPM_{10}/m^3$ in Bastarreche, 2004-2005, to $32 \mu gPM_{10}/m^3$ in Mompeán, 2005-2008) and the concentration of OM+EC ($11.3 \mu gPM_{10}/m^3$ in Bastarreche and $6.2 \mu gPM_{10}/m^3$ in Mompeán). The combustion of fossil fuels, particularly diesel, produces high emissions of carbon (Lough et al., 2007). The rest of the species reduce their concentrations with the exception of SIC and Zn. The discontinuous activity of the local zinc metallurgical industry would be associated to this.

Generally speaking, the concentrations of $PM_{2.5}$ remain in a similar level in Santa Ana and Mompeán ($22 \mu gPM_{2.5}/m^3$, Tables 5.1d and 5.1e), though a minor rise is

observed in the latter. Levels of Zn, Pb, Ba, Cu, Mn or OM+EC are higher in Mompeán. The kind of station (suburban and urban) and the distance to point sources of pollution could explain this situation. The higher levels observed in the mineral and OM+EC fractions in PM_{2.5} in Mompeán would be associated to traffic emissions: from exhausts and resuspension from pavement (Sternbeck et al., 2002; Artíñano et al., 2004; Wåhlin et al., 2006).

The species SO₄²⁻, V, Cr, Mn, Co, Se, Ba and Nd are the variables which do not show statistical significance when the influence of the factor kind of sampling station is studied. It can be thought that the species without statistical significance by year and sampling station type either are ubiquitous or they spread themselves easier than others.

The values of the variables in days with and without dust outbreaks from the African deserts are displayed in the Table 5.4. Table 5.4 also gives the ratio of the variable divided by the sum of the crustal fraction in days with and without dust outbreaks. The Kruskal-Wallis test is applied onto the previous variables and ratios to search for statistical significance between days with and without dust outbreaks, the results are displayed in Table 5.5. Granted this, it is possible that other sources may contribute to the same analytes which are carried by the African air masses. Concerning the simultaneousness between days with any chemical sampling and dust outbreaks, the results by station and size are:

a) Bastarreche PM₁₀, 2004-2005. In 28 out of the 98 sampling days there are dust outbreaks; in 45 out of 98 days the daily limit (50 µgPM₁₀/m³) is exceeded; and 17 out of the 45 days are simultaneous with dust outbreaks.

b) Santa Ana PM_{10} , 2004-2005. In 24 out of the 92 sampling days there are dust outbreaks; in 29 out of 92 days the daily limit ($50 \mu gPM_{10}/m^3$) is exceeded; and 13 out of the 29 days are simultaneous with dust outbreaks.

c) Mompeán PM_{10} , 2006-2007. In 41 out of the 86 sampling days there are dust outbreaks; in 7 out of 86 days the daily limit ($50 \mu gPM_{10}/m^3$) is exceeded; and 5 out of the 7 days are simultaneous with dust outbreaks.

d) Santa Ana $PM_{2.5}$, 2004-2005. In 26 out of the 98 sampling days there are dust outbreaks.

e) Mompeán $PM_{2.5}$, 2006-2007. In 45 out of the 95 sampling days there are dust outbreaks.

Figure 5.39b illustrates the levels of PM_{10} , $PM_{2.5}$, the ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ multiplied by a factor of 15 (to show this ratio clearer) and the days with dust outbreaks in the sampling campaign in Mompeán, 2006-2007. Firstly, it is expected that the ratio descends due to the predominant coarse size of the particulates transported by the African air masses (Querol et al., 2008). Some chemical species (e.g. NH_4^+ because of sampling artifacts (Querol et al., 2001b; Alastuey et al., 2004)) accumulate specially in $PM_{2.5}$ instead of PM_{10} ; this could make any distortion onto the ratio.

Figures 6.1 and 6.2 look deeply into the phenomenon of dust outbreaks and the behavior of the variables.

Figure 6.1 illustrates the ratio of the mean concentration of a variable in days with dust outbreak divided by the mean concentration of that variable in days without dust outbreak. The Rare Earths and SIC have a value above 1.2 in PM_{10} ; the formers are associated to the African dust while the latter has been detected during dust outbreaks

affecting the Canary Island as a consequence of gas-particle reactions (Alastuey et al., 2005). On the other hand, Tl, As, Cd, Cu, Pb and Sb has a ratio below 0.8 in PM_{10} . The elements Cu, Pb and Sb also decrease their levels during dust outbreaks (Tables 5.4 and 5.5), what suggests a major local origin for these species (Negral et al., 2008). The order of the ratios in $PM_{2.5}$ is basically the same as in PM_{10} , the changes can be explained attending to the following statements:

a) Chemical reactions between the acidic species of sulfur with fine particles with chlorine which result in chlorine loss and accumulation of sulfate aerosols (Pio and Lopes, 1998).

b) Sampling artifacts (Querol et al., 2001b; Alastuey et al., 2004).

c) Simultaneous contributions from other sources (Pey Betrán, 2007; Mamane et al., 2008).

d) Existence of the variables in the African dust with a different occurrence in terms of the size (Alastuey et al., 2005).

e) Preferential accumulation of the variables in $PM_{2.5}$ instead of PM_{10} . Alastuey et al. (2004) noticed this pattern for SO_4^{2-} non marine, OC+EC, P, Ba y Zn in a study with aerosol samples from the northeast of Spain.

Figure 6.2 represents the behavior of the ratios of $PM_{2.5}/PM_{10}$ in days with dust outbreak, without dust outbreaks and all days together.

Continuing with the dust outbreaks, some considerations on the utilized methodology for the evaluation of the impact of dust outbreaks on PM_{10} levels must be marked. Pey Betrán (2007) pointed out the different altitude among stations as a restriction for the methodology applied in this thesis. A regional background station is

usually placed in higher altitude than the stations which have the former as a reference. In this case, the revised procedure (Querol et al., 2010) already assumes this limitation and it gives clues to proceed in the case that the final value after subtracting the dust load is negative. However, any discussion could still arise around the minimum admissible concentration in the case in which the subtraction does not result in a negative value. Moreover, in the particular case of Cartagena, it has been proved that the stations placed in the city do not always share dust outbreaks with the closest regional background stations, so the possibility of considering the rural station of Caravaca (nearer to Cartagena than the regional background stations in Níjar, Vízcar and Zarra) might be explored. Tables 5.56 and 5.57 indicate the influence of dust outbreaks and the methodology for their evaluation onto the gravimetric levels of PM_{10} in Cartagena.

To conclude with dust outbreaks, the influence of winds is checked in those variables which do show statistical significance between days with and without dust outbreak (Tables 5.6 and 5.7). Considering previous studies and the constrictions to wind directions imposed by local topography (Moreno Grau, 1998), the wind directions have been grouped in “north” (325-25°), “south” (145-215°), “rest” (the rest of directions) and “equal” (when there is no a major wind direction). Thus, the Kruskal-Wallis test is applied to check for statistical differences when wind blows from one direction or other. As Cartagena is northwards from Africa, the chemical species brought by African dust should arrive in the city with “south” component. Conversely, the chemicals tracers of traffic should have “north” component. As these patterns would describe the general predictable behavior, they are specified by mesoscale conditions and local breezes.

The concentration of gaseous pollutants and PM given by continuous automatic instruments supported by the Regional government of Murcia is also tackled in this thesis. Tables 5.11-5.20 and Figures 5.4-5.25 provide the related information of 15 sampling stations for the decade 1998-2008 (see Table 4.2 for availability of the monitored pollutants). Some facts may be mentioned from these data:

a) In contrast with what could be expected, TSP shows regional behavior while PM_{10} displays a more local pattern.

b) The more industrial influence of the sampling station, the worst the air quality.

c) Though the NO_x reveals an upward trend through the decade, SO_2 does not reveal it.

d) Several problems with the equipments and acquisition of data are observed.

e) In terms of the seasonality of the pollutants, there are four factors acting on their concentrations (Querol et al, 2005a): the thickening of the mixing layer when convective process are accentuated (i.e. during summer); a minimum pressure gradient over the Iberian Peninsula ends in stagnation and aging of air masses (Millán et al., 1997) which increase pollution levels (Rodríguez et al., 2002; Querol et al., 2004a); the scarce rainfall does not remove pollutants from atmosphere as much as abundant rainfall; and dust outbreaks over Spain happen specially in February-March and June-September (Querol et al., 1998, 2004a; Rodríguez et al, 2001).

With regard to the accomplishment of the PM_{10} limit values and the concentrations of PM_{10} measured with the automatic instruments (Table 5.18), the annual limit was not accomplished in the following stations in 2005: Escombreras and Lorca; 2006: Alcantarilla, Mompeán and Escombreras; 2007: San Ginés, Mompeán, Escombreras, La

Unión and La Aljorra; and the studied months in 2008: Mompeán. The limit concerning the daily value was not accomplished in the following stations in 2005: Escombreras, La Unión, La Aljorra and Lorca; 2006: Alcantarilla, Mompeán, Escombreras, La Unión and La Aljorra; 2007: Alumbres, San Ginés, Mompeán, Escombreras, La Unión and La Aljorra. In the studied months in 2008 Mompeán would have already passed the limit.

In this point, the measures of continuous and gravimetric methods can be compared for the station with simultaneous measures (i.e. Mompeán in Figures 5.26 and 5.27). The considered gap was split in three periods to better fit the correlation equations. Unexpectedly, the TEOM instrument overestimated the measures of the gravimetric instrument (DIGITEL DHA-80). Besides that, the sharp rise observed with the TEOM instrument in 2006 suggests some problem with the equipment. In relation to the reference values given by the European Commission Working Group on Particulate Matter (Williams and Bruckmann, 2002), the accomplishment with the guidelines would not be satisfied. In the light of this situation, it is easy to predict that the gravimetric values of PM_{10} do not breach the legal limits in the same way as automatic instruments do (Table 5.8). In reference to concentrations of Pb, Cd, Ni and As in PM_{10} and the accomplishment with the current European thresholds (Directive 2004/107/EC; Directive 2008/50/EC), they all would be below the annual limits ($Pb < 500 \text{ ngPM}_{10}/\text{m}^3$; and the target values to achieve by 2013 for $Cd < 5 \text{ ngPM}_{10}/\text{m}^3$, $Ni < 20 \text{ ngPM}_{10}/\text{m}^3$, and $As < 6 \text{ ngPM}_{10}/\text{m}^3$). The gravimetric levels of $PM_{2.5}$ (Table 5.2) would not show any problem to accomplish with the limit value in 2015, if the concentration is kept.

As the air origin of masses relates to the concentration of pollutants, eight origins of air masses were determined for the region of Murcia (Figure 4.4). These categories were described following previous studies (Querol et al., 2005a; Negral et al., 2008) and are

based on the calculation of five days air mass back-trajectories arriving in Cartagena at 750, 1500 and 2500 meters above sea level (Draxler and Hess, 2005). The eight sectors correspond to “AN” Northern Atlantic, “ANW” Northwestern Atlantic, “AW” Western Atlantic, “ASW” Southwestern Atlantic, “NAF” Northern African, “ME” Mediterranean, “EU” European, and “RE” Regional. From January 1998 until May 2008 the number of days among these origins is presented in Table 5.23. As the studied period does not include all months in 2008, Table 5.24 presents the mean number of days of every origin per month. The most common sector during the period was NAF with 66 days per year on average, followed by ANW with 63 and RE with 60; conversely, ME was the less frequent origin with 20 days per year on average. These numbers sustain the high tendency of natural factors on PM levels in the region: dust outbreaks come from African deserts and regional origin means no renovation of air masses. Furthermore, due to the proximity of the region to Africa, regional origin masses can collect dust contributions without penetrating deeply into the neighboring continent. ANW origins, as well as AN and AW ones, are associated with reduced levels of pollutants in other parts of the Iberian Peninsula (Escudero et al., 2007). This is mostly caused by the presence of wet marine air masses that can scavenge pollutants from atmosphere either via precipitation or advection of cleaner air. Considering that Murcia is on the southeast side of the Iberian Peninsula and that the way of those air masses to Murcia is through the rugged Spanish terrain, it is probable that when these masses arrive in Murcia they have left their humidity and they may have been enriched from other country contributions. Subsequently, the most suitable natural origin to develop rainfall in the Region of Murcia would be ME. ME origin is the less frequent episode and it is often accompanied by wet deposition. Although ME origin would be

the closest source of wet masses to Murcia, it does not always end in rainfall because of the different meteorological conditions and concerned rainfall variables. If the ME origin does not relieve its humidity in wet deposition, it can adversely contribute to higher levels of PM in Murcia as a consequence of the location of the Mediterranean Sea and Africa: the Mediterranean Sea is the northern outlet of dust events from Algeria, Tunisia, Libya and Chad (Escudero et al., 2005). The averaged concentrations of PM₁₀ levels according to the episode type are provided in Tables 5.27-5.36.

The understanding of atmospheric systems of pressure forcing air masses to move in any direction is useful to admit or reject the occurrence of dust outbreaks. The joint read of back-trajectories (i.e. origins or episodes) with synoptic conditions (i.e. scenarios) provides a thorough knowledge of cause and effect. There has been broad revision in literature of the four scenarios (Figures 5.30-5.34 and Tables 5.37-5.44) causing dust outbreaks over the Iberian Peninsula. In regard to the dust outbreaks affecting Cartagena when a weak regional gradient of pressure at surface level appears (Figure 5.35), another scenario is added to this list (Tables 5.46-5.46). As it was done with the origin of air masses, the levels of PM₁₀ can also be specified by the type of scenario; furthermore, this is also carried out with the rainfall (Tables 5.50-5.55).

Two techniques of source apportionment of PM have been applied to the chemical data gathered from the sampled aerosols of Cartagena: The Principal Component Analysis with Multiple Linear Regression (PCA-MLR) and the Positive Matrix Factorization (PMF).

The Principal Component Analysis with Multiple Linear Regression yielded: six factors in PM₁₀ in Bastarreche (Tables 5.58 and 5.59, and Figures 5.36-5.38 and 5.40), associated to the sources Mineral, Traffic, Secondary aerosol, Local zinc metallurgical

industry, Marine aerosol and shipyard; five factors in PM_{10} in Santa Ana (Tables 5.60 and 5.61, and Figures 5.41-5.44), associated to the sources Mineral, Secondary aerosol, Marine aerosol, Contributions from the local industry and Traffic; five factors in $PM_{2.5}$ in Santa Ana (Tables 5.62 and 5.63, and Figures 5.45-5.48), associated to the sources Mineral, Traffic, Contributions from the local industry, Marine aerosol and Local zinc metallurgical industry.

The Positive Matrix Factorization yielded eight factors in every station and size (Table 5.64). The associated sources in PM_{10} in Basterreche are: Marine aerosol, Local zinc metallurgical industry, Secondary SO_4^{2-} , Refinery, African dust outbreaks and other mineral contributions, Secondary NO_3^- , Power station and local influence, and Traffic. The associated sources in PM_{10} in Santa Ana are: Power station and local influence, Local zinc metallurgical industry, Refinery, Marine aerosol, Secondary SO_4^{2-} , African dust outbreaks and other mineral contributions, Secondary NO_3^- and Traffic. The associated sources in PM_{10} in Mompeán are: Secondary NO_3^- , Power station and local influence, African dust outbreaks and other mineral contributions, Marine aerosol, Local zinc metallurgical industry, Traffic, Secondary SO_4^{2-} and Refinery. The associated sources in $PM_{2.5}$ in Santa Ana are: Construction, Local zinc metallurgical industry, Refinery, Secondary SO_4^{2-} , African dust outbreaks and other mineral contributions, Secondary NO_3^- , Traffic and Marine aerosol. The associated sources in $PM_{2.5}$ in Mompeán are: Secondary SO_4^{2-} , Power station and local influence, Local zinc metallurgical industry, African dust outbreaks and other mineral contributions, Secondary NO_3^- , Traffic, Refinery and Marine aerosol.

According to the results of PCA-MLR and PMF, some of the most notable facts are summarized as follows:

a) Secondary compounds appear in the same factor in PCA-MLR while they are separated by PMF.

b) A factor defined as mainly influenced by the local shipyard is described in PCA-MLR in views of its factor loadings and in relation with studies about shipyards (U.S. Department of the Navy, 1996).

c) A local factor probably being influenced by the power station in the city is described with the PMF technique. While this factor may vary its composition in the subsections of Table 5.64 and Figure 5.54 from one campaign to another and specially through the years, it was checked from the Spanish Register of Emission and Pollutant Sources (Ministry of Environment and Rural and Marine Affairs, 2009) that the emissions from the power station were notably reduced through the years and in line to the implementation of cleaner power production processes. For instance, the emission of As to the atmosphere diminished from 121 Kg in 2004 to 26 Kg in 2006.

d) Together with As, Se is an element that sometimes appeared relatively marked in the factor with local influence named as “Power station and local influence” (Figure 5.55). But Se also appeared notably in factors such as the marine (Figure 5.50) or any secondary (Figure 5.56 and 5.57). Se has been found in coastal seawater at concentrations of 54 ng/L (Quentel and Elleouet, 1998) and Pakkanen et al. (2001) found correlation between Se and As and Na^+ and Mg^{2+} suggesting a possible marine origin for those elements in Finland. Furthermore, *Salsola kali* is a coastal plant that accumulates Se (Wu et al., 1993) and was largely burnt in Cartagena until the XIX century to get soda. So its presence in the marine and secondary factors is not surprising. To conclude, sulfur ores have been historically exploded in Cartagena

(Moreno-Grau, et al., 2002), so the trace presence of As and Se in these ores might also explain the minimum presence of these elements in aerosols.

e) The species Al_2O_3 was a prominent species during African dust outbreaks, as Rare Earths were (Figure 5.50).

7. CONCLUSIONS

7. Conclusions

This memory presents the study of PM_{10} and $PM_{2.5}$ fractions of the aerosol which was collected in three sampling stations in the city of Cartagena between 2004 and 2008. It also includes the spatial and temporal variability of those variables that have been studied. The several origins of the air masses have been studied, the dust outbreaks from Africa have been identified, the meteorological scenarios have been analyzed and the amount of the dust outbreaks to the levels of PM_{10} has been quantified.

These have been the most outstanding conclusions of this study:

1. A spatial and temporal variability has been found for the species under study. As a general rule, the highest values for the crustal (mineral) species in PM_{10} are registered in Santa Ana, followed by those in Bastarreche and Mompeán. For those species indicating industrial activities, the highest values in this size have been found in Bastarreche, which precede those in Mompeán and Santa Ana. There are no data for $PM_{2.5}$ in Bastarreche, and the highest values of the species studied are in Mompeán. The mass of $PM_{2.5}$ is a remarkable exception, because there has been found no statistical significance between Santa Ana and Mompeán.

2. The episodes or air mass origins related to a less important pollution level in the Region of Murcia correspond to those called Northern Atlantic, Northwestern Atlantic and Western Atlantic. The Southwestern Atlantic is a current origin of amounts of African dust. When in the case of the first three origins, there has been an increase in the levels of pollutants studied by la Regional Air Quality Monitoring Network, this is attributed to anthropogenic activities which are typical of the area. The contribution of

natural local sources is reflected within the episode Regional, in which the anthropogenic contribution can also be seen.

3. In relation to the synoptic situations or meteorological charts that cause dust outbreaks affecting the Region of Murcia, a fifth scenario has been defined. This scenario is associated to the typical motionless condition over the western Mediterranean basin. This scenario implies 21% of the days which have been studied in this memory.

4. There has been an analysis of the influence of factors such as dust outbreaks and wind direction. In the two cases there has been a growth in the variables related to crustal species both for the dust outbreaks as well as for the “southern” direction of wind. However, the carbonaceous fraction has decreased both for the dust outbreaks as well as for the “southern” direction of wind. This shows the contribution of exogenous sources to crustal species and the importance of indigenous sources, such as wheeled traffic, to the carbonaceous fraction.

5. The contribution of African dust to the levels of PM_{10} has been quantified by using the methodology based on the levels of the regional background. During the period of time under study, 562 days have been identified with dust outbreak. In the case of the three sampling stations, the calculated dust contribution to the annual mean is approximately between 4 and 6 $\mu g/m^3$. In the case of those days in which there has been a dust outbreak over Cartagena and this phenomenon is not described in the background stations of the southeastern and eastern sectors, it is important to remark the possibility of using as a background station of the area the one located in Caravaca de la Cruz, at least in an exploratory way.

6. Considering the data of PM which have been obtained for the development of this memory, there is a decrease of the mass in PM_{10} on moving the sampling point from Bastarreche to Mompeán. Besides, in this sampling station there have been observed no violations of the limit values neither in the case of particles nor in that of metals subject to regulation. Concerning PM_{10} , a different scenario can be appreciated when the data under analysis are those from the Network for Air quality Monitoring in the Region of Murcia, so a detailed study is recommended in this case.

7. The Principal Component Analysis with Multiple Linear Regression has allowed to extract five or even six factors which have been associated to the sources: Mineral, Traffic, Local zinc metallurgical industry, Marine aerosol and Shipyard. Although the contribution in mass of the latter source is small, the presence of tracer species such as Cr and Ni in the profile of the factor, makes it possible to identify this industrial activity.

8. By means of Positive Matrix Factorization eight factors have been extracted, which have been associated to nine different sources: Marine aerosol, African dust outbreaks and other mineral contributions, Local zinc metallurgical industry, Refinery, Power station and local influence, Secondary nitrate, Secondary sulfate and Construction. The strength of this methodology has allowed the detection of singularities such as:

- The quantification of the contribution of every source to PM_{10} and $PM_{2.5}$.
- The association between crustal and inorganic components which are typical of building materials including Mg, which make it possible the identification of works which are next to the sampling station Santa Ana.

- Typical crustal species from Sahara-Sahel are clearly grouped in a factor which has been easily explained by the African dust outbreaks.

- The emission of As predicted by the model for every source identified is congruent with the local environment.

- The elements Zn, Cd, Pb, Cu, or Mn are markers of the activity developed in the local zinc metallurgical industry. The model does not attribute mass to this factor in the second sampling campaign made, which is consistent with the intermittent situation of the production activities in the factory.

9. The two methods used for the extraction of factors are complementary, and from its use a coherent vision of the contribution to PM can be obtained, either with natural or anthropogenic origin. In this way, when a method extracts some factors being associated to some sources, the other method extracts other factors associated to different sources.

10. In the medium term, plans for the environmental management of the urban area of Cartagena will have to keep their attention on traffic, as it is likely to become the most important anthropogenic source in the future.

8. FUTURE RESEARCH

8. Future research

After having achieved the mentioned conclusions, some of the areas in which the search can continue are:

a) Study of the differences between PM_{10} and $PM_{2.5}$ and the chemical composition in these sizes in sampling stations oriented to traffic, urban and regional background. Implementation of PMF to the gathered data.

b) A detailed study of the marine aerosol in the city. A thorough analysis of marine contributions to PM would be desirable as some controversy has arisen when implementing PCA-MLR. Furthermore, it would help one clarify the situation around the use of Na in the local industry. In regard to the legislation, this is of particular relevance since marine aerosol is a natural fraction of PM.

c) To implement the Chemical Mass Balance (CMB) to the data from Cartagena.

d) A survey about the chemical speciation of both inorganic and organic fractions in those places in the city with compromising air quality.

e) Joint study of databases of biotic aerosol and PM and a survey of the influence of meteorological scenarios and origin of air masses in the levels of biotic and abiotic pollutants in the city.

f) To clarify the reasons of the differences between real-time equipments and the gravimetric technique.

